



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV STAVEBNÍHO ZKUŠEBNICTVÍ

INSTITUTE OF BUILDING TESTING

**HODNOCENÍ BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ POSTIŽENÝCH
POŽÁREM**

EVALUATION OF CONCRETE STRUCTURES AFTER FIRE ACCIDENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jiří Sachr

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. PAVEL SCHMID, Ph.D.

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav stavebního zkušebnictví

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Jiří Sachr
Název	Hodnocení betonových konstrukcí postižených požárem
Vedoucí práce	doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2016
Datum odevzdání	26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Wald F.: Výpočet požární odolnosti stavebních konstrukcí. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005
Schmid P. a kol.: Základy zkušebnictví, skriptum FAST VUT v Brně, CERM 2001
Schmid. P. a kol.: Zkušebnictví a technologie – modul BI02-M02 Stavební zkušebnictví
Anton O. a kol.: Zkušebnictví a technologie – modul BI02-M04 Laboratorní cvičení
Hobst L. a kol.: Diagnostika stavebních konstrukcí, studijní opora
ČSN ISO 13822: Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí
ČSN 73 0038 Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí – Doplnující ustanovení
ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
ČSN EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí
a další související normy
Vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby v aktuálním znění

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

V teoretické části zpracovat rešerši odborné literatury a platných norem v oboru chování betonových konstrukcí při požáru a NDT určování fyzikálně mechanických vlastností betonových konstrukcí. V praktické části vyhodnotit reálnou odezvu betonu na různé hladiny zatížení požárem vybranými NDT metodami tvrdoměrnými, ultrazvukovými a vyhodnotit porovnání s výsledky pevnosti v tlaku na odebraných jádrových vývrtech.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce sumarizuje poznatky spojené s návrhem a chováním železobetonových konstrukcí a materiálů během požáru. Zabývá se prováděním nedestruktivních tvrdoměrných zkoušek za účelem zjištění tlakových pevností na zkušebních vzorcích vystavených různým teplotám požáru.

KLÍČOVÁ SLOVA

Požární odolnost, požární bezpečnost, teplotní křivky, účinky požáru na beton, účinky požáru na konstrukce, explozivní odštěpování, nedestruktivní zkoušky pevnosti betonu, pevnost v tlaku, Originál Schmidt model N, SilverSchmidt model L, pevnost v tlaku s nezaručenou přesností

ABSTRACT

The bachelor thesis summarizes the knowledge connected with the design and behavior of reinforced concrete structures and materials during a fire. It deals with the non-destructive testing of hardness tests to determine the compressive strength of test specimens exposed to different fire temperatures.

KEYWORDS

Fire resistance, fire safety, temperature curves, effects of fire on concrete, fire effects on structures, explosive cleaving, non-destructive tests of concrete strength, compressive strength, Schmidt model N, SilverSchmidt model L, compressive strength with unguaranteed accuracy

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Jiří Sachr *Hodnocení betonových konstrukcí postižených požárem*. Brno, 2017. 121 s., 48 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví. Vedoucí práce doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 19. 5. 2017

Jiří Sachr
autor práce

Rád bych na tomto místě poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Pavlovi Schmidovi, Ph.D. za poskytnutí cenných rad a připomínek při konzultacích. Mé poděkování si zaslouží ale také za podporu a vstřícný přístup.

Obsah

1. ÚVOD.....	10
1.1 Historie betonu.....	10
1.2 Charakteristika a dělení dnešních betonů	12
1.2.1 Definice	12
1.2.2 Dělení betonu.....	13
1.2.3 Kamenivo	18
2. TEORETICKÁ ČÁST	19
2.1 OBECNÉ NAVRHOVÁNÍ	19
2.1.1 Odolnost konstrukcí proti účinkům požáru	19
2.1.2 Požární bezpečnost staveb	20
2.2 ZÁSADY NAVRHOVÁNÍ DLE ČSN EN 1992-1-2.....	23
2.2.1 Všeobecně	23
2.2.2 Nominální požár	24
2.2.3 Parametrický požár	24
2.2.4 Zatížení	25
2.2.5 Návrhové hodnoty materiálových vlastností.....	25
2.2.6 Metody ověření.....	26
2.3 VÝPOČTY	27
2.3.1 Požární odolnost	28
2.3.2 Návrhové postupy	29
2.4 NOMINÁLNÍ TEPLITNÍ KŘIVKY.....	30
2.5 BETONOVÉ KONSTRUKCE	32
2.5.1 Metodika návrhu.....	32
2.5.2 Mechanické vlastnosti betonu.....	33
2.5.3 Mechanické vlastnosti výztuže	35
2.5.4 Teplotní a fyzikální vlastnosti betonu a výztuže	39
2.5.5 Vliv vysokých teplot na běžné cementové betony.....	43
2.5.6 Smyk, kroucení a kotvení	44
2.5.7 Odštěpování betonu	45
2.5.8 Vysokohodnotný beton	45
3. PRAKTICKÁ ČÁST	48
3.1 TVRDOMĚRNÉ METODY ZKOUŠENÍ PEVNOSTI BETONU.....	48
3.1.1 Všeobecně	48
3.1.2 Metoda Schmidových tvrdoměrů	51
3.2 ZKUŠEBNÍ TĚLESA	54
3.2.1 Výroba zkušebních panelů	54
3.2.2 Požární zkoušky	56

3.3 NÁZORNÉ STANOVENÍ PEVNOSTI BETONU V TLAKU POMOCÍ SCHMIDTOVA TVRDOMĚRU TYPU N	58
3.3.1 Naměřené hodnoty odrazu	59
3.3.2 Obecný kalibrační vztah	60
3.3.3 Vyhodnocení pevností v tlaku pomocí obecného kalibračního vztahu	61
3.3.4 stanovení upřesňujícího součinitele α dle ČSN 73 1373	62
3.4 NÁZORNÉ STANOVENÍ PEVNOSTI BETONU V TLAKU POMOCÍ TVRDOMĚRU SILVERSCHMIDT TYPU L	63
3.4.1 Naměřené hodnoty odrazu	63
3.4.2 Vyhodnocení pevností v tlaku pomocí kalibračního vztahu	64
4. ZÁVĚR	66
5. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	67
Bibliografie	67
6. SEZNAM OBRÁZKŮ	68
7. SEZNAM TABULEK	69
8. SEZNAM POUŽITÝCH SKRATEK A SYMBOLŮ	70
9. SEZNAM PŘÍLOH	72
10. PŘÍLOHY	73
PŘÍLOHA A – VYHODNOCENÍ DESKY P1 (550 °C)	73
Vyhodnocení podle Schmidtova tvrdoměru N	73
Vyhodnocení podle tvrdoměru SilverSchmidt L	76
PŘÍLOHA B – VYHODNOCENÍ DESKY P2 (600 °C)	80
Vyhodnocení podle Schmidtova tvrdoměru N	80
Vyhodnocení podle tvrdoměru SilverSchmidt L	83
PŘÍLOHA C – VYHODNOCENÍ DESKY P3 (800 °C)	87
Vyhodnocení podle Schmidtova tvrdoměru N	87
Vyhodnocení podle tvrdoměru SilverSchmidt L	90
PŘÍLOHA D – VYHODNOCENÍ DESKY P4 (20 °C)	94
Vyhodnocení podle Schmidtova tvrdoměru N	94
Vyhodnocení podle tvrdoměru SilverSchmidt L	97
PŘÍLOHA E – VYHODNOCENÍ DESKY P5 (odloženo pro pozdější experimenty)	101
Vyhodnocení podle Schmidtova tvrdoměru N	101
Vyhodnocení podle tvrdoměru SilverSchmidt L	104
PŘÍLOHA F – VYHODNOCENÍ DESKY P6 (900 °C)	108
Vyhodnocení podle Schmidtova tvrdoměru N	108
Vyhodnocení podle tvrdoměru SilverSchmidt L	111
PŘÍLOHA G – VYHODNOCENÍ DESKY P7 (1000 °C)	115
Vyhodnocení podle Schmidtova tvrdoměru N	115
Vyhodnocení podle tvrdoměru SilverSchmidt L	118

1. ÚVOD

Tato práce teoreticky pojednává o způsobu navrhování betonových konstrukcí na účinky požáru, chování prostého betonu a železového betonu při různě vysokých teplotách, které při požáru ovlivňují konstrukci. Základním motivačním aspektem zvoleného tématu je problematika hodnocení existujících konstrukcí postižených požárem. V praktické části se pak věnuje nedestruktivnímu zkoušení těles deskového typu vystaveným různým teplotám hoření.

1.1 Historie betonu

Beton je jeden z nejdůležitějších a nejpoužívanějších stavebních materiálů, které kdy lidstvo v oblasti stavebnictví vyvinulo. Beton jako stavební látka má velice zajímavou a dodnes ne přesně objasněnou minulost. Mnozí lidé by řekli, že je beton jedním z mnoha přínosů průmyslové revoluce 19. století, ve skutečnosti kořeny betonu, nebo přesněji stavební hmoty betonu velice blízké, sahají hluboko do časů doby bronzové [1].

Nejstarší archeologické nálezy zbytků staveb postavených z materiálu na bázi betonu pochází z období 7000 let př. n. l. Roku 1985 archeologové odkryli v Jižní Galilei v Izraeli zbytky stavby, která měla podlahu z materiálu velice podobnému betonu [1].

V Evropě se považuje za nejstarší doložený pozůstatek pravěkého betonu podlaha domu z období kolem roku 5600 př. n. l. objevená v Srbsku na břehu řeky Dunaje [1].

S velice zajímavou, nepotvrzenou ale zároveň také ničím nevyvrácenou teorií přišel pan Dr. Joseph Davidovits, který zastává názor, že už egyptské pyramidy byly postaveny z látky připomínající beton. Dr. Davidovits vychází z několika předpokladů. Jedním z nich je na tehdejší dobu neproveditelná technologie výstavby, či až příliš podobná geometrická úprava jednotlivých stavebních dílců [1]. Podle Dr. Davidovitse Starověcí Egypťané stavěli pyramidy z umělého kamene již v letech 3600 – 2000 př. n. l., kdy jej, stejně jak tomu děláme v dnešní době my, na místě odlévali do předem připraveného bednění [2]. Tuto teorii experimentálně podpořil profesor Linn W. Hobbs, který v roce 2008 společně se skupinou studentů z MIT postavil model betonové pyramidy [1].

Potvrzení nebo zamítnutí této teorie brání velice přísná památková ochrana, která absolutně zamítá provedení dostatečného množství průzkumných sond. Faktem však zůstává, že Egypťané látku podobnou dnešnímu betonu znali a používali ji pod názvem umělý kámen například při stavbě pilířů mostních konstrukcí [1].

Pravý hydraulický beton nesoucí schopnost vytvrzení i pod vodou se objevuje až v období antiky. Veškeré stavební pojiva používané před touto dobou potřebovaly ke svému vytvrzení vzdušný CO_2 , čímž se jednalo spíše jen o maltu než o beton v pravém slova smyslu. První použití hydraulického betonu se uvádí roku 500 př. n. l., kdy byl tento beton použit při výstavbě vodních tanků na řeckém ostrově Rhodos. Řekové při jeho výrobě přidávali jako příměs k vápnu ještě navíc vulkanickou půdu z Pozuoli v Itálii, dnes nazývanou jako pucolán [1].

Tento beton znali a používali také Římané, kteří z něj vybudovali spoustu staveb, které stojí i v současné době. Jednou z nich je například Pantheon v Římě. Římané do betonu přidávali za účelem zlepšení jeho zpracovatelnosti ještě navíc mléko, krev a vaječné bílky a nevědomky tak jako první používali plastifikátory betonu [1].

Po zániku Římské říše zmizelo tajemství výroby hydraulického betonu na spoustu staletí v hlubinách zapomnění [1].

Teprve roku 1500 františkánský mnich Giovanni Giocondo využil na základě studia antické literatury znalosti technologie výroby hydraulického betonu při výstavbě nosných pilířů mostu Pont Notre Dame v Paříži [1].

Po jeho smrti tajemství výroby hydraulického betonu na čtvrt tisíciletí opět upadá do zapomnění.

První novodobou stavbu z hydraulického betonu postavil John Smeaton, který v roce 1752 vybudoval známý maják Eddystone.

Prvním, kdo si nechal patentovat výrobu hydraulického stavebního pojiva, byl v roce 1779 Bryan Higgins, jehož produkt nesl obchodní název stucco. Jeho cement se však vyráběl za relativně nízkých teplot a tím na rozdíl od dnešních cementů nedosahoval konstantní kvality [1].

Zlom v technologii výroby cementu nastává až v roce 1824, kdy Joseph Aspdin obdržel patent na výrobu portlandského cementu. Aspdin po mnoha pokusech přišel nejen na správný poměr vstupních surovin, ale přišel také na tu správnou teplotu potřebnou pro výrobu prvního moderního cementu s vysokou počáteční pevností [1].

První větší stavbou zbudovanou z portlandského cementu se v roce 1828 stal Brunnelův tunel pod řekou Temží v Londýně. Portlandský cement se díky svým výborným vlastnostem postupně stal nejrozšířenějším stavebním materiálem a zůstal jím až dodnes [1].

Roku 1830 se poprvé objevují zmínky o vyztuženém betonu a roku 1867 byl patentován železem vyztužený beton. Toto datum se považuje za vznik doby betonové.

1.2 Charakteristika a dělení dnešních betonů

1.2.1 Definice

Beton je stavební materiál ze směsi pojiva, plniva, přísad a příměsí, nebo bez nich, který získá své požadované vlastnosti díky hydrataci cementu [3]. Takto zcela zamíchaná směs umožňující ztuhnutí vybraným postupem se nazývá **čerstvý beton** [3]. Díky hydrataci cementu obsaženém v betonu dochází k postupnému zatvrdnutí betonu. Směs, která je již v pevném stavu a nabyde tak již určité pevnosti, nazýváme **ztvrdlý beton** [3]. Pokud výrobce specifikuje požadované vlastnosti a doplňující charakteristiky betonu, a zaručí se za dodání betonu odpovídajícího všem specifikovaným požadavkům a vlastnostem, jedná se tedy o typový beton [3]. Naopak, je-li složení betonu stanoveno v normě platící na daném území, tento beton se pak nazývá normalizovaný beton [3]. Na území České republiky se však jeho zavedení nepředpokládá. Pokud je výrobcí předem stanoveno přesné složení, jedná se o beton předepsaného složení [3]. Za jeho kvalitu opět zodpovídá výrobce.

1.2.2 Dělení betonu

Beton dělíme do několika skupin podle:

1. druhu použitého pojiva
2. stupně vlivu prostředí
3. konzistence čerstvého betonu
4. způsobu dopravy čerstvého betonu
5. způsobu uložení čerstvého betonu do konstrukce
6. způsobu zpracování čerstvého betonu
7. objemové hmotnosti ztvrdlého betonu
8. pevnostních tříd ztvrdlého betonu
9. způsobu využití ztvrdlého betonu v konstrukci
10. zvláštních požadavků na funkci betonu

1.2.2.1 Dělení podle použitého pojiva

Jako pojivo se v dnešní době při výrobě betonu používají nejčastěji cementy různých druhů a vlastností. Pokud se hovoří o betonu bez přesnějšího určení pojiva, předpokládáme, že se jedná o beton cementový. Kromě cementu se využívá také sádra, vápno, živice, polymery, či případně jemně mletá vysokopevnostní struska [4].

V minulosti se jako pojivo používal také hlinitanový cement. Hlinitanový cement měl několik významných pozitiv. Jednodenní pevnosti hlinitanového cementu nabývaly vyšších hodnot než dvacetiosmidenní pevnosti portlandského cementu, vyvíjí značné množství hydratačního tepla a je tak vhodný pro zimní betonáž. Má však neméně významná negativa, kterými jsou vysoká cena a konverze hydratačních produktů na termodynamicky stálejší formy vyznačující se menším molárním objemem. Při hydrataci hlinitanového cementu dochází k chemickým reakcím, během kterých se uvolňuje do betonu voda, která má za následek zvýšení pórovitosti betonu a tím i snížení jeho pevnosti [5].

Betony s hlinitanovým cementem jsou tak ze statického hlediska tikající bomby. V České republice je tak zakázáno používat hlinitanový cement v konstrukčním betonu.

Norma ČSN EN 14647 stanovuje za jakých podmínek je možné hlinitanový cement používat. Použití pojiv vyjímá živice či polymerních pojiv však není obvyklé [4].

1.2.2.2 Dělení podle stupně vlivu prostředí

Beton je vystaven různým vlivům prostředí, ve kterém se konstrukce nachází. Tyto vlivy pak negativně ovlivňují samotný beton, výztuž, či kovové vložky, nejsou však uvažovány jako zatížení konstrukce, nýbrž jsou zahrnuty v řadě součinitelů, se kterými se při návrhu pracuje [4].

Beton je klasifikován celkem do šesti stupňů

1. Bez nebezpečí nebo narušení	X0
2. Koroze vlivem karbonatace	XC1 – XC4
3. Koroze vlivem chloridní (ne mořské) vody	XD1 – XD3
4. Koroze vlivem chloridů z mořské vody	XS1 – XS3
5. Střídavé působení mrazu a rozmrazování	X1 – XF4
6. Chemické působení	XA1 – XA3

1.2.2.3 Dělení podle konzistence čerstvého betonu

Konzistence čerstvého betonu se stanoví nejvhodnější metodou podle tabulky 3 - 6, uvedené v normě ČSN EN 206-1. Stupně konzistence uvedené v těchto tabulkách však nejsou vzájemně srovnatelné. Pro postup při stanovení zpracovatelnosti platí EN 12350–1 až 6 [3], [4].

1.2.2.4 Dělení podle způsobu dopravy čerstvého betonu

Čerstvý beton se od míchačky dopravuje v přepravnících pomocí pásů nebo v autodomíchávačích. Transportbeton je beton dodávaný v čerstvém stavu osobou nebo organizací, která není odběratelem betonu. Plní tak jen funkci přepravy čerstvého betonu. Patří sem beton vyráběný mimo staveniště, popřípadě na staveništi, nikoli však odběratelem betonu. Doba, kterou měříme od namíchání betonu v betonárně do použití na stavbě, by neměla přesáhnout 45 minut, v některých případech při použití vhodného zpomalovače tuhnutí se tato hranice posouvá až na 90 minut [4].

1.2.2.5 Dělení podle způsobu uložení čerstvého betonu do konstrukce

1. monolitické betony

Čerstvý beton se na stavbu dopravuje některým ze způsobů uvedených v 1.2.2.4, naplní se do předem připraveného bednění, ve kterém se následně vhodným způsobem zhutní, zatvrdne, ošetří a následně se odbední [4].

2. prefabrikované betony

Jednotlivé konstrukční prvky jsou vyráběny ve výrobně, nebo na staveništi ve formách, po dosažení požadované pevnosti se odformují a uloží na skládce k dozrání. Po nabytí transportní pevnosti se dopraví na staveniště, kde se uloží do konstrukce [4].

1.2.2.6 Dělení podle způsobu zpracování čerstvého betonu

Způsobů zpracování čerstvého betonu je celá řada: betony vibrované, betony dusané, betony lité, betony stříkané, betony válcované, betony čerpané atd.

O způsobu zpracování čerstvého betonu se rozhoduje už ve fázi návrhu konstrukce, v tzv. technologickém předpisu výroby. Vybranému způsobu zpracování pak musí odpovídat složení a konzistence čerstvého betonu a také technologické zařízení na jeho zpracování [4].

1.2.2.7 Dělení podle objemové hmotnosti ztvrdlého betonu

Dle objemové hmotnosti rozeznáváme:

1. Lehký beton je beton, jehož objemová hmotnost po vysušení v sušárně dosahuje hodnoty v intervalu od 800 kg/m^3 do 2000 kg/m^3 [3].

2. Obyčejný beton je beton, jehož objemová hmotnost po vysušení v sušárně dosahuje hodnoty v intervalu od 2000 kg/m^3 do 2600 kg/m^3 [3].

3. Těžký beton je beton, jehož objemová hmotnost po vysušení v sušárně dosahuje hodnoty vyšší než 2600 kg/m^3 [3]. Této objemové hmotnosti se dosahuje například přidáním olověných broků do betonu [4].

1.2.2.8 Dělení podle pevnostní třídy ztvrdlého betonu

Pro kvalifikaci betonu podle pevnosti v tlaku platí v normě ČSN EN 206 tabulka číslo 7 pro těžký a obyčejný beton. Pro lehký beton platí naopak tabulka číslo 8. V těchto tabulkách je uvedena charakteristická pevnost v tlaku zjištěná na válcových tělesech o průměru 150 mm a výšce 300 mm ve stáří 28 dnů, nebo charakteristická pevnost v tlaku zjištěná na krychelném vzorku o hraně 150 mm ve stáří 28 dnů [4].

Charakteristická pevnost je hodnota pevnosti, pro kterou lze očekávat nižší hodnoty nejvýše u 5 % základního souboru všech možných výsledků hodnoceného objemu betonu [3].

Tabulka číslo 1 označuje betony s charakteristickou pevností třídou v tlaku od C 8/10 až C 100/115, kde C 8/10 je prostý beton a C 12/15 a vyšší je železový beton. Pro lehký beton udává charakteristické pevnosti v třídách LC 8/9 až LC 80/88 a vysokopevnostní betony řadí do tříd od C 55/67, LC 55/60 a výše [4].

Problematika vláknobetonů není pojednávána v obsahu této práce.

Tabulka 1 - Pevnost betonu v tlaku [3]

Obyčejný a těžký beton			Lehký beton		
Třída pevnosti v tlaku	$f_{ck,cyl}$ [N/mm ²]	$f_{ck,cube}$ [N/mm ²]	Třída pevnosti v tlaku	$f_{ck,cyl}$ [N/mm ²]	$f_{ck,cube}$ [N/mm ²]
C 8/10	8	10	LC 8/9	8	9
C 12/15	12	15	LC 12/13	12	13
C 16/20	16	20	LC 16/18	16	18
C 20/25	20	25	LC 20/22	20	22
C25/30	25	30	LC 25/28	25	28
C 30/37	30	37	LC 30/33	30	33
C35/45	35	45	LC 35/38	35	38
C 40/50	40	50	LC 40/44	40	44
C 45/55	45	55	LC 45/50	45	50
C 55/67	55	67	LC 50/55	50	55
C 60/75	60	75	LC 55/60	55	60
C 70/85	70	85	LC 60/66	60	66
C 80/95	80	95	LC 70/77	70	77
C 90/105	90	105	LC 80/88	80	88
C 100/115	100	115			

Kde $f_{ck,cyl}$ je charakteristická pevnost betonu v tlaku na zkušebním vzorku válcového tvaru o průměru 150 mm a výšce 300 mm.

$f_{ck,cube}$ je charakteristická pevnost betonu v tlaku na zkušebním tělese krychelného tvaru o hraně 150 mm.

ZELENĚ je znázorněn prostý beton, **MODŘE** pak železový beton a **ČERVENĚ** jsou znázorněny betony vysokopevnostní.

1.2.2.9 Dělení podle využití ztvrdlého betonu v konstrukcích

Beton se v konstrukcích využívá jako tepelně izolační, samonosný, výplňový, nosný, prostý, vyztužený – železový, předpjatý, stínící – těžký beton, s rozptýlenou kovovou nebo polymerní výztuží atd. [4].

1.2.2.10 Dělení podle zvláštních požadavků na funkci betonu

Stavební praxe vyžaduje betony vyráběné podle zvláštních požadavků na jejich funkci, a to například betony trvanlivé, vodostavební, mrazuvzdorné, provzdušněné, rozpínavé, korozivzdorné, žáruvzdorné, tepelně izolační, odolné vůči zatížení atd. [4].

1.2.3 Kamenivo

Kamenivo je vhodné, pokud vyhovuje pr EN 12620:2000 pro hutné a těžké kamenivo a pr EN 13055-1:1997 pro pórovité kamenivo. Do betonu se běžně přidávají frakce 0/4, 4/8 a 16/22 mm. Jako drobné kamenivo řadíme kameniva s maximálním zrnem 4 mm, hrubá kameniva jsou pak v rozmezí 4-32 mm. Těžené a drcené drobné kamenivo – písek – lze dělit na nejjemnější s maximálním zrnem 0,25 mm, jemné s maximálním zrnem do 1 mm a hrubé od 1 do 4 mm. Hrubé těžené kamenivo od 4 do 32 mm nazýváme štěrkem, hrubé drcené kamenivo stejné frakce zase drť [4].

Při výběru kameniva, zrnitosti a kategorii, například plochost zrn, odolnost proti střídavému působení mrazu a rozmrazování, odolnost proti obrusu je nutno brát v úvahu provádění prací, konečné použití betonu, podmínky okolního prostředí působícího na beton a případné požadavky na obsažené kamenivo, povrchové úpravy nebo kamenivo pro hlazený beton [4].

Maximální jmenovitá horní mez frakce kameniva musí být určena s ohledem na nutnost dodržení krytí výztuže a šířku minimální mezery.

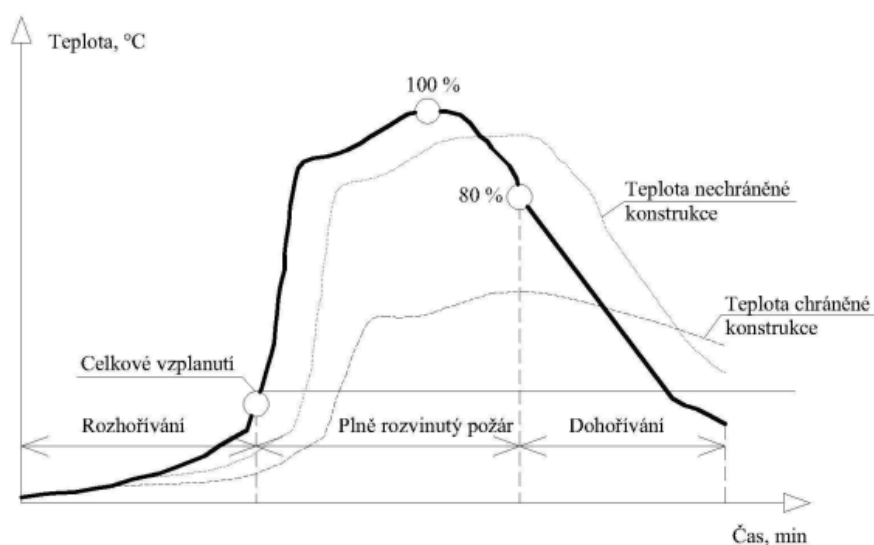
Štěrkopísek podle pr EN 12620:2000 je možné použít do betonu pevnostní třídy v tlaku nejvýše C 12/15. Kamenivo získané vypráním čerstvého betonu se nesmí použít ve větším množství než 5 % z celkového množství kameniva. Pokud kamenivo obsahuje formy SiO_2 reagující na působení alkálií a jestliže je beton vystaven vlhkému prostředí, musí se preventivně prokázat jeho vhodnost, aby se zabránilo škodlivým účinkům alkalicko – křemičité reakce [4].

2. TEORETICKÁ ČÁST

2.1 OBECNÉ NAVRHOVÁNÍ

2.1.1 Odolnost konstrukcí proti účinkům požáru

Požáry v objektech vznikají, rozvíjí se a zanikají. Uvolňování energie při hoření závisí na množství a druhu paliva, kvalitě přístupu vzduchu a materiálových vlastnostech okolních konstrukcí. Průběh požáru lze rozdělit do tří fází: rozhořívání, plně vyvinutý požár a dohořívání. Největší nárůst teploty nastává po celkovém vzplanutí. Celkové vzplanutí se dá definovat jako okamžik, při kterém všechny organické látky samovolně hoří. Celkové vzplanutí nastává tehdy, kdy teplota požáru překročí 400 až 600 °C. Osoby, kterým se nepodaří evakuovat z hořícího objektu před celkovým vzplanutím, mají mizivou šanci na přežití. Evakuace osob a zásah hasičských jednotek je možná před vzplanutím, kdy je teplota v hořícím objektu relativně nízká. Ze stavebního hlediska je část před celkovým vzplanutím nejméně devastující. Konstrukce většinou nejsou trvale poškozeny a jsou schopny nadále fungovat bez jakýchkoliv rekonstrukcí. Naopak při celkovém vzplanutí a vysokých teplotách požáru se konstrukce různými způsoby deformuje. Pevnost betonu klesá, dochází ke vzniku trhlin a obnažení výztuže, výztuž se ve všech směrech deformuje a hrozí celkový kolaps konstrukce. Při dohořívání teplota v objektu klesá, na 80 % klesá rychlosti zhruba 200 až 650 °C za hodinu. Naopak teplota v konstrukci stále roste [6].



Obrázek 1 Fáze rozvoje požáru [6]

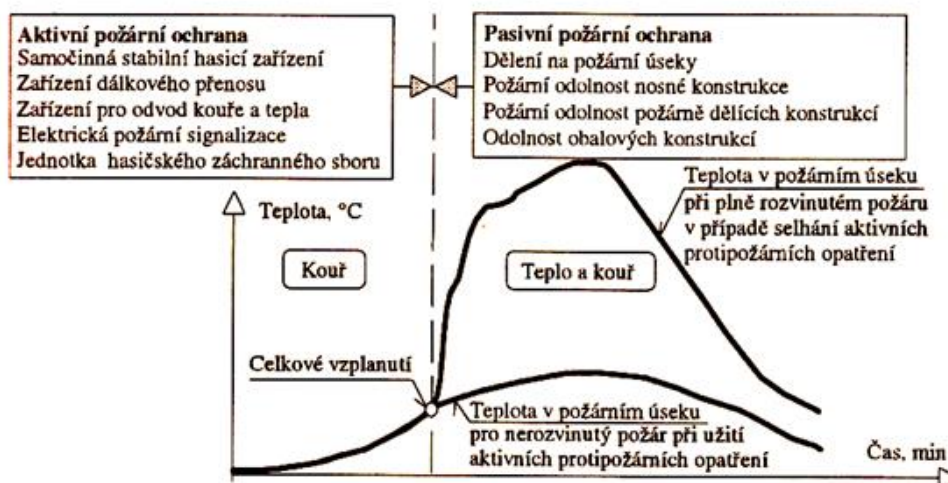
2.1.2 Požární bezpečnost staveb

Požární bezpečnost můžeme rozdělit na dvě základní části: prevenci, její podstata spočívá v předcházení vzniku požáru, či eliminaci škod a rizik u požárů již vzniklých a represi zaměřenou na co nejrychlejší a nejjednodušší eliminaci požáru. Řešení požární bezpečnosti staveb spadá do požární prevence. Správně navržená konstrukce je taková, která při požáru eliminuje rizika ztrát na životech či majetku a brání šíření požáru v okolí. Současná koncepce požární spolehlivosti je založena na několika konstrukčních, technických a organizačních opatřeních, které umožňují spolupráci vlastníka budovy, hasičského sboru a projektanta, a umožňují tak dosáhnout co nejvyšší požární spolehlivosti objektu. Zajištění požární bezpečnosti je jedním ze základních požadavků evropských i českých norem [6].

Pod pojmem požární bezpečnost si můžeme představit souhrn opatření, která musí zajistit, aby byla v případě požáru zachována nosná funkce konstrukce, nedocházelo k šíření ohně a kouře stavebním objektem, bylo zamezeno přenesení požáru do okolí, byla splněna bezpečná evakuace osob z objektu a byl brán zřetel na bezpečnost hasičů při výkonu hasících prací. Na splnění výše uvedených cílů požární bezpečnosti staveb se ve velké míře podílejí stavební konstrukce. Nosná funkce konstrukce se prokazuje pomocí její požární odolnosti [6].

Omezení šíření ohně a kouře stavebním objektem umožní rozdělení budovy na několik požárních úseků. Množství a velikost požárních úseků závisí na důležitosti a velikosti budovy. Přenosu požáru na okolní objekty je zamezeno dodržáním bezpečnostních odstupů staveb a jiných objektů. Evakuaci osob umožňuje návrh únikových cest, které po požadovanou dobu zaručují bezpečnost osob a umožní jim opuštění objektu. Již ve fázi projektování musí být zajištěny podmínky pro rychlý a bezpečný zásah hasičských sborů [6].

Pro zajištění požární bezpečnosti staveb se volí pasivní prvky požární ochrany anebo prvky aktivní požární ochrany, tj. požárně bezpečnostní zařízení a opatření, viz obr. 2.



Obrázek 2 - Aktivní a pasivní požární ochrana [6]

Pasivní prvky požární ochrany jako jsou nosné a požárně dělící konstrukce nedokážou samy ovlivnit průběh požáru. Jejím hlavním úkolem je zajištění nosnosti a stability konstrukce, zamezení šíření ohně a kouře objektem i mimo něj. Do pasivní ochrany spadá tvorba požárních úseků, bezpečných únikových cest pro uživatele budovy, popřípadě zásahových cest umožňujících rychlý a bezpečný zásah jednotek hasičských sborů. Patří zde také požární návrh konstrukce a kontrola použití nehořlavých materiálů během výstavby i užívání objektu. Jakmile dojde k celkovému vzplanutí, je v objektu k dispozici pouze pasivní požární ochrana, která zabraňuje kolapsu konstrukce a expanzi požáru do okolí. Velice významnou částí pasivní požární ochrany je odolnost konstrukce proti účinkům požáru. U správně navržené nosné konstrukce z hlediska pasivní požární ochrany nedojde ke ztrátě stability a nosných funkcí, a to jak během požáru, tak i po dokončení hasicích prací, kdy je již porušená konstrukce přitížena tíhou hasící kapaliny, popřípadě dochází k poruchám konstrukce, nebo její částí vlivem prudkého ochlazení [6].

Aktivní požární ochranou se rozumí požárně bezpečnostní zařízení a zásah jednotkou hasičského záchranného sboru. Požárně bezpečnostní zařízení patří do aktivní protipožární ochrany a na rozdíl od pasivní požární ochrany navíc kladným způsobem ovlivňuje průběh požáru. Podílejí se na včasné detekci vzniku požáru a mohou samy na dálku informovat nejbližší hasičskou stanici, to umožňuje včasný zásah hasičů a snižuje tak rozsah a výši vzniklých škod. Aktivní zařízení požární ochrany může samovolně hasit požár vodou či jinou hasební látkou a omezit tak nežádoucí účinky tepla a kouře na prchající osoby či okolní konstrukce [6].

Projektant požárně bezpečnostního řešení stavby koordinuje práci požárně bezpečnostního zařízení podle konkrétních podmínek. Navrhuje posloupnost uvádění jednotlivých zařízení do provozu a synchronizuje je s dalším funkčním zařízením jako je otevírání dveří, funkcí vzduchotechniky apod. V budovách s výskytem velkého množství lidí je na prvním místě ochrana lidí před kouřem a jinými zplodinami. Naopak ve skladovacích objektech s velkým množstvím uskladněného a cenného majetku se upřednostňuje proces hašení. Požárně bezpečnostní zařízení pro automatické hašení a odvod kouře a tepla příznivě ovlivňují požární odolnost konstrukce, jelikož efektivně snižují teplotu požáru [6].

Praxe potvrdila, že spolehlivého a efektivního zvládnutí požáru v objektech je možno jen tehdy, je-li kombinováno obou typů požární ochrany, a to jak aktivní, tak i pasivní [6].

2.2 ZÁSADY NAVRHOVÁNÍ DLE ČSN EN 1992-1-2

2.2.1 Všeobecně

Betonové konstrukce, u kterých se v případě požáru požaduje mechanická odolnost, musí být navrženy a provedeny tak, aby si zachovaly svou nosnou funkci po příslušnou dobu vystavení účinkům požáru [7]. V praxi se tato doba pohybuje v řádech několika desítek minut, a to například pro betony nižších pevností 15 minut až do 60 minut pro betony s vyšší pevností v tlaku.

Je-li vyžadováno členění objektu na jednotlivé požární úseky, musí se zajistit, aby byly veškeré prvky a spoje ohraničující požární úseky navrženy a provedeny tak, že si zachovají po příslušnou dobu vystavení účinkům požáru svou požárně dělící funkci [7].

Musí se zajistit, že:

1. nedojde ke ztrátě celistvosti, viz EN 1991-1-2
2. dělící prvky neztratí své izolační schopnosti, viz EN 1991-1-2
3. bude omezeno tepelné sálání na odvrácené straně dělících prvků.

Deformační kritéria se uplatní tehdy, pokud prostředky ochrany nebo návrhová kritéria dělících prvků vyžadují uvažování deformace nosné konstrukce [7].

Deformace nosné konstrukce se nemusí uvažovat v následujících případech:

1. Pokud byla účinnost prostředků ochrany vyhodnocena podle odstavce 4.7 normy ČSN EN 1992-1-2 Navrhování betonových konstrukcí na účinky požáru.
2. Dělící prvky splňují požadavky dle nominálního požáru.

2.2.2 Nominální požár

Při vystavení normovému požáru musí všechny prvky splňovat kritéria R, E, a I takto:

1. pouze dělicí funkce – celistvost (kritérium E) a pokud se požaduje izolace (kritérium I)
2. pouze nosná funkce – mechanická odolnost (kritérium R)
3. dělicí a nosná funkce – kritéria R, E a pokud se požaduje také I

Kritérium R se považuje za splněné tehdy, je-li nosná funkce zachována po celou požadovanou dobu vystavení účinkům požáru [7].

Kritérium I můžeme považovat za splněné tehdy, je-li průměrný nárůst teploty na celém odvráceném povrchu omezen na 140 K a maximální vzrůst teploty na libovolném místě tohoto povrchu nepřekročí 180 K [7].

Pokud musí svislý dělicí prvek vyhovět požadavku na odolnost vůči nárazu (kritérium M), má prvek odolat vodorovnému soustředěnému zatížení uvedenému v EN 1363, část 2. [7].

2.2.3 Parametrický požár

Nosná funkce má být zachována po dobu plně rozvinutého požáru včetně dohořívání, nebo po stanovenou dobu [7].

Za předpokladu, že běžná teplota je 20 °C, platí pro ověření dělicí funkce následující:

1. průměrný nárůst teploty na odvrácené straně konstrukce během fáze hoření do doby dosažení nejvyšší teploty plynu v požárním úseku má být omezen na 140 K a maximální vzrůst teploty na odvrácené straně nemá překročit 180 K [7].

2. průměrný nárůst teploty na odvrácené straně konstrukce během dohořívání má být omezen na $\Delta\theta_1$ (doporučená hodnota dle národní přílohy $\Delta\theta_1 = 200$ K) a maximální nárůst teploty na odvrácené straně konstrukce nepřekročí $\Delta\theta_2$ (doporučená hodnota dle národní přílohy $\Delta\theta_2 = 240$ K) [7].

2.2.4 Zatížení

Tepelné a mechanické zatížení se určuje dle normy ČSN EN 1991-1-2 a jako doplněk k této normě se má uvažovat emisivita vztahující se na povrch betonu hodnotou 0,7 [7].

2.2.5 Návrhové hodnoty materiálových vlastností

Návrhové hodnoty mechanických materiálových vlastností $X_{d,fi}$ se definují takto:

$$X_{d,fi} = \frac{k_{\theta} X_k}{\gamma_{M,fi}}$$

Kde X_k je charakteristická hodnota pevnostní nebo deformační vlastnosti (obecně f_k nebo E_k) pro návrh při běžné teplotě dle EN 1992-1-1.

k_{θ} je redukční součinitel pro pevnostní nebo deformační vlastnosti závisící na teplotě materiálu.

$\gamma_{M,fi}$ je dílčí součinitel spolehlivosti příslušné materiálové vlastnosti pro požární situaci. Hodnota tohoto součinitele je stanovena národní přílohou a pro náš případ se použije hodnota $\gamma_{M,fi} = 1,0$.

Návrhové hodnoty tepelných materiálových vlastností $X_{d,fi}$ se definují takto:

pokud je zvýšení hodnoty vlastnosti pro bezpečnost příznivé:

$$X_{d,fi} = \frac{X_{k,\theta}}{\gamma_{M,fi}}$$

Kde $X_{k,\theta}$ je charakteristická hodnota materiálové vlastnosti pro navrhování na účinky požáru, obecně závislá na teplotě materiálu.

$\gamma_{M,fi}$ je dílčí součinitel spolehlivosti příslušné materiálové vlastnosti pro požární situaci. Hodnota tohoto součinitele je stanovena národní přílohou a pro náš případ se použije hodnota $\gamma_{M,fi} = 1,0$.

Pokud je zvýšení hodnoty vlastnosti pro bezpečnost nepříznivé:

$$X_{d,fi} = \gamma_{M,fi} X_{k,\theta}$$

kde $X_{k,\theta}$ je charakteristická hodnota materiálové vlastnosti pro navrhování na účinky požáru, obecně závislá na teplotě materiálu.

$\gamma_{M,fi}$ je dílčí součinitel spolehlivosti pro příslušnou materiálovou vlastnost pro požární situaci.

2.2.6 Metody ověření

Model nosné konstrukce musí vyjadřovat očekávanou funkční způsobilost konstrukce při požáru. Musí být také ověřeno, že po příslušnou dobu vystavení účinkům požáru bude účinek návrhových zatížení pro požární situaci určený dle EN 1991-1-2, včetně účinků teplotního roztažení a deformací menší než odpovídající návrhová únosnost pro danou požární situaci [7].

$$E_{d,fi} \leq R_{d,t,fi}$$

Jako alternativa k návrhu výpočtem může být návrh na účinky požáru založen na výsledcích požárních zkoušek nebo na kombinaci požárních zkoušek a výpočtu [7].

2.2.6.1 Analýza prvku

Účinek zatížení se má stanovit v čase $t = 0$ pomocí kombinačních součinitelů $\psi_{1,1}$ nebo $\psi_{1,2}$ podle EN 1991-1-2 [7].

2.3 VÝPOČTY

K požární bezpečnosti staveb přispívají modely celkové požární spolehlivosti a návrh požární odolnosti. Celková požární spolehlivost se stanovuje analýzou požárních rizik. Analýza se využívá u významnějších staveb, obvykle se k ní přidávají i rozborů jiných rizik, jako například zemětřesení, teroristické útoky a podobně. Pro požár se na základě odborného posouzení všech alternativ požárního zatížení vypracují scénáře možných mimořádných událostí. Postupně se řeší teplotní analýza požárního úseku, přestup tepla do konstrukce a jeho vedení v konstrukci a návrh konstrukce za vysokých teplot. Teplotní analýza je založená na popisu požárního zatížení, geometrii požárního úseku, vlastnostech ohraničujících konstrukcí a možnostech větrání. Návrh konstrukce za vysokých teplot pak řeší odezvu konstrukce na teplotní a mechanické zatížení [6].

Výpočetní model konstrukčního systému pro návrh konstrukce za vysokých teplot má vystihovat očekávané chování konstrukce při požáru. Je možné pracovat s modelem celé konstrukce, kde lze vhodně zohlednit namáhání od teploty. Při výpočtu celé konstrukce je nutno pečlivě uvážit odpovídající způsob porušení, teplotně závislé vlastnosti materiálů, tuhosti prvků a účinky teplotních roztažení a deformací. Místo návrhu celé konstrukce je možné pro některé požární situace navrhovat konstrukci po částech. K ověření požadavků požární odolnosti postačuje dokonce i návrh prvků. Model částí konstrukce se sestaví s ohledem na očekávanou teplotní roztažnost a deformace tak, aby spolupůsobení s okolní konstrukcí mohlo být nahrazeno vhodnými okrajovými podmínkami. Dále je nutno uvážit odpovídající způsob porušení při zatížení požárem, teplotně závislé vlastnosti materiálů, teplotní roztažnost a deformace, tj. bere se v potaz rozdíl teplot po průřezu. Okrajové podmínky, podpory a reakce části konstrukce lze uvažovat po dobu požáru za neměnné. Vnitřní síly a reakce je možné stanovit z výpočtů pro pokojovou teplotu. Zjednodušení modelů se pak liší na základě použitých materiálů v konstrukci [6].

2.3.1 Požární odolnost

Požární odolnost je schopnost konstrukcí odolávat destruktivním účinkům požáru. Je vyjádřena dobou, po kterou mohou být stavební konstrukce vystaveny teplotám dosažených při požáru, aniž by došlo k porušení jejich funkce. Kromě únosnosti mohou konstrukce a jejich prvky plnit i další funkce. Například funkci dělicí, která se dále dělí na dvě kritéria. Jsou to celistvost a tepelná izolace. Tepelně izolační schopnost se dá prokázat výpočtem prostupu a vedení tepla konstrukcí, přičemž se hodnotí teplota na neohřívané straně konstrukce. Naopak celistvost se obvykle výpočtem prokázat nedá, může se jednat například o otevření spáry mezi jednotlivými dílci. Požární odolnost konstrukcí je možno stanovit zkouškou nebo výpočtem. Pokud však nemůžeme postihnout všechny rozhodující činitele ovlivňující požární odolnost, dochází ke kombinaci zkoušky s výpočtem [6].

Pro klasifikaci konstrukcí se používají písmenné značky charakterizující dosažené mezní stavy požární odolnosti doplněné o dobu v minutách. Splnění mezního stavu únosnosti konstrukce se značí $R(t)$, kde t je doba v minutách například $R\ 30$ značí, že mezní stav únosnosti nenastane dříve než za 30 minut. Splnění mezního stavu ztráty celistvosti stavební konstrukce se označuje $E(t)$, kde t je doba v minutách například $E\ 30$ značí, že mezní stav celistvosti nenastane dříve než za 30 minut. Splnění mezního stavu limitních teplot na neohřívaném povrchu se označuje $I(t)$, kde t je doba v minutách například $I\ 30$ značí, že mezní stav limitních teplot nenastane dříve než za 30 minut. Splnění mezního stavu limitní hustoty tepelného toku ve stanoveném místě se označuje $W(t)$, kde t je doba v minutách například $W\ 30$ značí, mezní stav limitní hustoty tepelného toku nenastane dříve než za 30 minut. Splnění mezního stavu kouřotěsnosti se označuje S , kdy se prokazuje, že intenzita pronikání studeného kouře v m^3/hod nepřestoupí mezní hodnotu [6].

2.3.2 Návrhové postupy

Návrhové postupy lze rozdělit do tří úrovní obtížnosti a přesnosti řešení, nejpřesněji lze teplotu při požáru předpovědět dynamickou analýzou plynů ve spojení s metodou konečných prvků. Jednodušší řešení je pak použití parametrických teplotních křivek a zcela nejlehčím postupem je použití nominálních teplotních křivek. Požární odolnost stanovená podle nominální normové teplotní křivky se nazývá normová požární odolnost. Přestup tepla do konstrukce a rozvoj teploty po konstrukci se pak řeší metodou konečných prvků a přírůstkovými metodami. Přímé metody pro přestup tepla jsou konzervativní a platí jen v omezeném rozsahu. Celou konstrukci lze materiálově a fyzikálně nelineárně analyzovat za vysoké teploty. Při přibližném řešení se analyzují pouze prvky konstrukce a vychází se z výpočtů při běžných pokojových teplotách. Pro ulehčení výpočtů v praxi byly vytvořeny různé tabulky. Pro teplotní analýzu požárního úseku, pro výpočet přestupu tepla o konstrukce i pro globální analýzu konstrukce byly vyvinuty speciální výpočetní programy řešící diskrétní metody MKP jako jsou například ANSYS, ABAQUS či DIANA [6].

2.4 NOMINÁLNÍ TEPLITNÍ KŘIVKY

Nominální teplotní křivky znázorňují závislost teploty v požárním úseku na době trvání požáru. Nominální normová křivka byla vypracována na základě americké křivky E119 pro experimenty proložením logaritmické funkce diskrétními body, ve kterých je křivka tabelována. Název normová pochází z doby, kdy byla uznána mezinárodní normalizační komisí ISO. V odborné literatuře je označována jako ISO 834. Využívá se při zkouškách požární odolnosti prvků ve zkušebních pecích. I přes to, že teplotu při požáru stanovuje pouze nepřímo, její zavedení umožnilo první zvýšení požární spolehlivosti konstrukcí výpočty. Nominální normová teplotní křivka je dána vztahem [6]:

$$\theta_g = 20 + 345 \log_{10}(8t + 1)$$

Kde θ_g je teplota plynů v příslušném požárním úseku uváděná ve °C a t je doba stanovená v minutách viz obr 3.

Mezi nominální teplotní křivky se dále řadí také křivka vnějšího požáru, kterou se namáhají obvodové stěny. Tato teplotní křivka je dána vztahem [6]:

$$\theta_g = 20 + 660 (1 - 0,687 e^{-0,32 t} - 0,313 e^{-0,38 t})$$

Kde θ_g je teplota plynů v příslušném požárním úseku uváděná ve °C a t je doba stanovená v minutách viz obr 3.

Nominální uhlovodíková teplotní křivka umožňuje simulaci prudkých požárů s rychlým nárůstem intenzity. Uhlovodíková křivka je dána rovnicí [6]:

$$\theta_g = 20 + 1080 (1 - 0,325 e^{-0,167 t} - 0,675 e^{-2,5 t})$$

Kde θ_g je teplota plynů v příslušném požárním úseku uváděná ve °C a t je doba stanovená v minutách viz obr 3.

Naopak při simulacích požárů například v dutinách zdvojených podlah, či podhledů se uplatní křivka pomalého zahřívání. Do 20. minuty požáru se popisuje vztahem [6]:

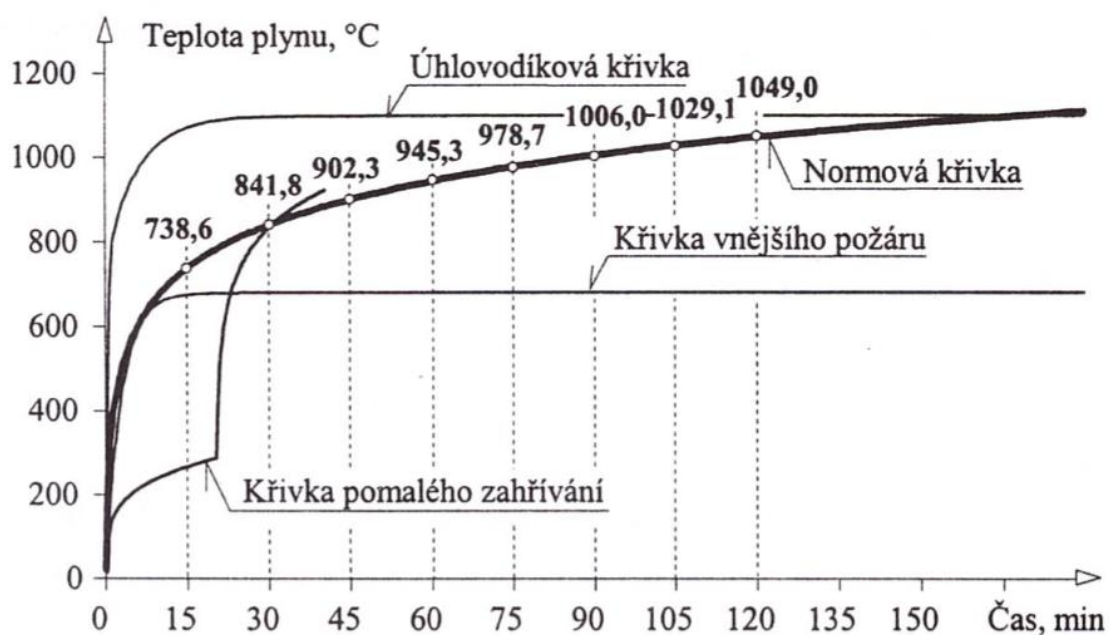
$$\theta_g = 20 + 154 \sqrt[4]{t}$$

Kde θ_g je teplota plynů v příslušném požárním úseku uváděná ve °C a t je doba stanovená v minutách viz obr 3.

a od 40. minuty se předpokládá nárůst teploty podle nominální normové teplotní křivky:

$$\theta_g = 20 + 345 \log_{10}[8(t - 20) + 1]$$

Kde θ_g je teplota plynů v příslušném požárním úseku uváděná ve °C a t je doba stanovená v minutách viz obr 3



Obrázek 3 - Nominální teplotní křivky [6]

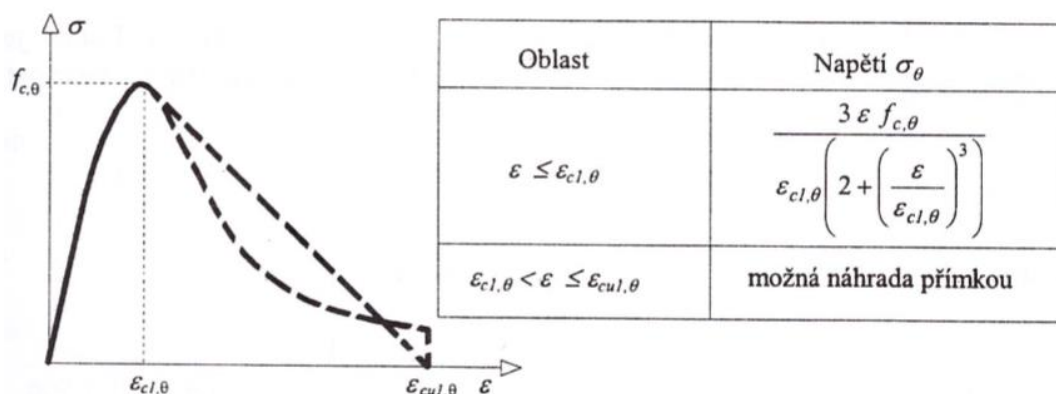
2.5 BETONOVÉ KONSTRUKCE

2.5.1 Metodika návrhu

Betonová konstrukce, která může být postižená požárem musí být navržena jak na účinky zatížení při běžných pokojových teplotách, tak na účinky zatížení, které vznikají během vysokých teplot dosažených v průběhu požáru. Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru je uvedeno v normě ČSN EN 1992-1-2 z roku 2004. Tato norma však nezahrnuje betonové předpjaté konstrukce s vnější dráhou kabelů a pro betonové skořepiny. Metody uvedené ve zmíněné normě je možné použít až do třídy betonu C 90/105 a LC 55/60 s tím, že pro třídy vyšší než C 50/60 jsou v normě uvedena doplňující pravidla. Pro zjednodušení se u betonových konstrukcí dovoluje použití redukčního součinitele účinků zatížení $\eta_{fi} = 0,7$. Součinitele spolehlivosti materiálu pro požární situaci $\gamma_{M,fi}$ je doporučeno používat pro beton, betonářskou i předpínací výztuž hodnotu 1,0, a to jak pro mechanické tak pro teplotní vlastnosti. Přesnější hodnoty lze naléznout v národní příloze této normy [6].

V normě ČSN EN 1992-1-2 z roku 2004 je uvedeno několik definic: **Kritická teplota výztuže** označuje teplotu, při které se očekává porušení prvku za požáru (kritérium R) při dané úrovni napětí ve výztuži. **Požární stěna** je stěna oddělující dva prostory, která je navržena s přihlédnutím k požární odolnosti a stabilitě konstrukce a může přenášet vodorovné zatížení tak, že v případě požáru a zhroutení konstrukce přilehlé z jedné strany k této stěně zamezí rozšíření požáru na druhé straně této stěny. **Maximální úroveň napětí** je při dané teplotě napětí, pro které je v pracovním diagramu oceli vyznačená mez kluzu. **Část konstrukce** je samostatná část vnitřní konstrukce s odpovídajícím podepřením a ohraničením. **Efektivní průřez** je průřez prvku po odstranění jeho částí s uvažovanou nulovou pevností a tuhostí [6].

Norma ČSN EN 1992-1-2 uvádí tři možnosti návrhu s přihlédnutím k požární odolnosti: návrh s využitím tabulek, zjednodušené metody návrhu pro určité typy prvků a obecnou metodu návrhu pro modelování konstrukčních prvků, části nebo celé konstrukce [6].



Obrázek 4 - Matematický model pro pracovní diagram betonu při zvýšené teplotě [6].

2.5.2 Mechanické vlastnosti betonu

Mechanické vlastnosti betonu, výztuže a předpínací výztuže zavádí norma ČSN EN 1992-1-1: 2004 pro teplotu 20 °C. V případě požáru je třeba uvážit jejich teplotní závislost vyjadřující degradaci těchto mechanických vlastností se vzrůstající teplotou [6].

Pevnostní a deformační vlastnosti jednoose tlačného betonu při zvýšené teplotě je možno stanovit z pracovního diagramu uvedeného na obrázku 4. Diagram je charakterizovaný pevností betonu v tlaku $f_{c,\theta}$ a přetvoření $\varepsilon_{cl,\theta}$ odpovídajícím $f_{c,\theta}$. Hodnoty pro každý z těchto parametrů jsou uvedeny v tabulce 2; pro mezilehlé hodnoty je povolená interpolace. V tabulce 2 je hodnota $f_{c,\theta}$ vztažena k charakteristické pevnosti betonu $f_{ck\theta}$. Klesající větev pracovního diagramu lze vhodně matematicky formulovat, je však možná náhrada přímkou. Případné zvyšování pevnosti během ochlazování betonu nelze uvažovat [6].

Tabulka 2 - Hodnoty hlavních parametrů pracovního diagramu normálního betonu se silikátovým a vápencovým kamenivem při zvýšené teplotě [6].

Teplota betonu °C	Silikátové kamenivo			Vápencové kamenivo		
	$f_{c,\theta}/f_{ck}$	$\epsilon_{c1,\theta}$	$\epsilon_{cu,\theta}$	$f_{c,\theta}/f_{ck}$	$\epsilon_{c1,\theta}$	$\epsilon_{cu,\theta}$
20	1,00	0,0025	0,0200	1,00	0,0025	0,0200
100	1,00	0,0040	0,0225	1,00	0,0040	0,0225
200	0,95	0,0055	0,0250	0,97	0,0055	0,0250
300	0,85	0,0070	0,0275	0,91	0,0070	0,0275
400	0,75	0,0100	0,0300	0,85	0,0100	0,0300
500	0,60	0,0500	0,0325	0,74	0,0500	0,0325
600	0,45	0,0250	0,0350	0,60	0,0250	0,0350
700	0,30	0,0250	0,0375	0,43	0,0250	0,0375
800	0,15	0,0250	0,0400	0,27	0,0250	0,0400
900	0,08	0,0250	0,0425	0,15	0,0250	0,0425
1000	0,04	0,0250	0,0450	0,06	0,0250	0,0450
1100	0,01	0,0250	0,0475	0,02	0,0250	0,0475
1200	0,00	-	-	0,00	-	-

Kde $f_{c,\theta}$ je charakteristická hodnota pevnosti betonu v tlaku při teplotě θ .

f_{ck} je charakteristická hodnota pevnosti v tlaku na vzorku nepostiženém zahříváním.

$\epsilon_{c1,\theta}$ je poměrné stlačení betonu při dosažení maximálního $f_{c,\theta}$.

$\epsilon_{cu,\theta}$ je mezní poměrné stlačení betonu.

Pevnost betonu v tahu by měla být zanedbána. Pokud je ovšem zapotřebí uvažovat pevnost v tahu, uvažuje se snížená charakteristická tahová pevnost podle vztahu

$$f_{ckt,\theta} = k_{ct,\theta} f_{ck,t}$$

Kde $k_{ct,\theta}$ je redukční součinitel, jehož hodnotu lze uvažovat

$$\text{pro } 20^{\circ}\text{C} \leq \theta \leq 100^{\circ}\text{C} \quad k_{ct,\theta} = 1,0$$

$$\text{pro } 100^{\circ}\text{C} < \theta \leq 600^{\circ}\text{C} \quad k_{ct,\theta} = 1,0 - 1,0 (\theta - 100) / 500$$

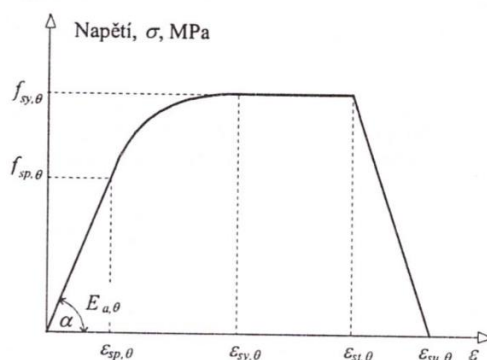
2.5.3 Mechanické vlastnosti výztuže

Pevnost a deformační vlastnosti betonářské a předpínací výztuže při zvýšených teplotách můžeme stanovit z pracovního diagramu vyobrazeného na obrázku 5. Diagram je charakterizován sklonem v lineární pružné oblasti $E_{s,\theta}$ mezi úměrností $f_{sp,\theta}$ a maximálním napětím $f_{sy,\theta}$. Hodnoty pro jednotlivé parametry jsou uvedeny v tabulce 3, 4, 5. Hodnoty největšího napětí $f_{sy,\theta}$, respektive $f_{py,\theta}$, jsou vztaženy k charakteristickým hodnotám f_{yk} a f_{pk} které stanovuje norma ČSN EN 1992-1-1 z roku 2004. Tabulku 4 lze použít, pokud je zkoušená pevnost při zvýšené teplotě, pro mezilehlé hodnoty je povolena interpolace [6].

Volba hodnoty třídy N (tab. 3) nebo X (tab. 4) je uvedena v Národní příloze, třída N je doporučena. Třída X se doporučuje pouze v případech, jedná-li se o experimentální ověření těchto hodnot. Pro předpínací oceli je povoleno použití stejného matematického modelu jakož pro oceli betonářské. Hodnoty parametrů pracovního diagramu za studena tvářených, kalených a popouštěných předpínacích ocelí při zvýšených teplotách jsou uvedeny v tabulce 5. Hodnota β je závislá na volbě třídy A, nebo B. Pro třídu A je hodnota β dána vzorcem:

$$\beta = \left[\left(\frac{\varepsilon_{ud} - f_{p0,1k}/E_p}{\varepsilon_{uk} - f_{p0,1k}/E_p} \right) \cdot \left(\frac{f_{pk} - f_{p0,1k}}{f_{pk}} \right) + \frac{f_{p0,1k}}{f_{pk}} \right]$$

pro třídu B je pak hodnota β rovna 0,9. Volba mezi třídami A a B je uvedená v Národní příloze [6].



Obrázek 5 - Matematický model pro pracovní diagram betonářské a předpínací oceli při zvýšené teplotě [6]

Tabulka 3 - Hodnoty třídy N pro parametry pracovního diagramu betonářské výztuže
válcované za tepla a tvářené za studena při zvýšených teplotách [6]

Teplota oceli °C	$f_{sy,\theta}/f_{yk}$		$f_{sp,\theta}/f_{yk}$		$E_{s,\theta}/E_s$	
	Válcované za tepla	Tvářené za studena	Válcované za tepla	Tvářené za studena	Válcované za tepla	Tvářené za studena
20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
100	1,00	1,00	1,00	0,96	1,00	1,00
200	1,00	1,00	0,81	0,92	0,90	0,87
300	1,00	1,00	0,61	0,81	0,80	0,72
400	1,00	0,94	0,42	0,63	0,70	0,56
500	0,78	0,67	0,36	0,44	0,60	0,40
600	0,47	0,40	0,18	0,26	0,31	0,24
700	0,23	0,12	0,08	0,08	0,13	0,08
800	0,11	0,11	0,05	0,06	0,09	0,06
900	0,06	0,08	0,04	0,05	0,07	0,05
1000	0,04	0,05	0,03	0,03	0,05	0,03
1100	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02
1200	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

kde $f_{sy,\theta}$ je mez kluzu betonářské oceli při teplotě θ .

f_{yk} je charakteristická mez kluzu betonářské oceli.

$f_{sp,\theta}$ je mez kluzu předpínací oceli při teplotě θ .

$E_{s,\theta}$ je návrhová hodnota modulu pružnosti betonářské oceli při teplotě θ .

E_s je návrhová hodnota modulu pružnosti betonářské oceli.

Tabulka 4 - Hodnoty třídy X pro parametry pracovního diagramu betonářské výztuže
válcované za tepla a tvářené za studena při zvýšených teplotách [6]

Teplota oceli °C	$f_{sy,\theta}/f_{yk}$	$f_{sp,\theta}/f_{yk}$	$E_{s,\theta}/E_s$
	Válcované za tepla i tvářené za studena	Válcované za tepla i tvářené za studena	Válcované za tepla i tvářené za studena
20	1,00	1,00	1,00
100	1,00	1,00	1,00
200	1,00	0,87	0,95
300	1,00	0,74	0,90
400	0,90	0,70	0,75
500	0,70	0,51	0,60
600	0,47	0,18	0,31
700	0,23	0,07	0,13
800	0,11	0,05	0,09
900	0,06	0,04	0,07
1000	0,04	0,02	0,04
1100	0,02	0,01	0,02
1200	0,00	0,00	0,00

kde $f_{sy,\theta}$ je mez kluzu betonářské oceli při teplotě θ .

f_{yk} je charakteristická mez kluzu betonářské oceli.

$f_{sp,\theta}$ je mez kluzu předpínací oceli při teplotě θ .

$E_{s,\theta}$ je návrhová hodnota modulu pružnosti betonářské oceli při teplotě θ .

E_s je návrhová hodnota modulu pružnosti betonářské oceli.

Tabulka 5 - Hodnoty pro parametry pracovního diagramu za studena tvářených, kalených a popouštěných předpínacích výztuží při zvýšených teplotách [6]

Teplota oceli °C	$f_{py,\theta}/(\beta f_{pk})$			$f_{pp,\theta}/(\beta f_{pk})$		$E_{p,\theta}/(E_p)$		$\varepsilon_{pt,\theta}$	$\varepsilon_{pu,\theta}$
	Zst		k & p	zst	k & p	zst	k & p	zst k & p	zst k & p
	Tříd a A	Třída B							
20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,050	0,100
100	1,00	0,99	0,98	0,68	0,77	0,98	0,76	0,050	0,100
200	0,87	0,87	0,92	0,51	0,62	0,95	0,61	0,050	0,100
300	0,70	0,72	0,86	0,32	0,58	0,88	0,52	0,055	0,105
400	0,50	0,46	0,69	0,13	0,52	0,81	0,41	0,060	0,110
500	0,30	0,22	0,26	0,07	0,14	0,54	0,20	0,065	0,115
600	0,14	0,10	0,21	0,05	0,11	0,41	0,15	0,070	0,120
700	0,06	0,08	0,15	0,03	0,09	0,10	0,10	0,075	0,125
800	0,04	0,05	0,09	0,02	0,06	0,07	0,06	0,080	0,130
900	0,02	0,03	0,04	0,01	0,03	0,03	0,03	0,085	0,135
1000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,090	0,140
1100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,095	0,145
1200	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,100	0,150

kde $f_{py,\theta}$ je mez kluzu předpínací oceli při teplotě θ .

f_{pk} je charakteristická mez kluzu předpínací oceli.

$f_{pp,\theta}$ je pevnost předpínací oceli v tahu při teplotě θ .

$E_{p,\theta}$ je návrhová hodnota modulu pružnosti předpínací oceli při teplotě θ .

E_p je návrhová hodnota modulu pružnosti předpínací oceli.

2.5.4 Teplotní a fyzikální vlastnosti betonu a výztuže

Teplotní poměrné přetvoření betonu $\varepsilon_{c,\theta}$ je možno definovat ve vztahu k délce při pokojové teplotě tj. 20 °C, viz obrázek 6, u silikátového kameniva:

$$\text{pro } 20\text{ °C} \leq \theta \leq 700\text{ °C} \quad \varepsilon_{c,\theta} = -1,8 \cdot 10^{-4} + 9 \cdot 10^{-6} \theta + 2,3 \cdot 10^{-11} \theta^3$$

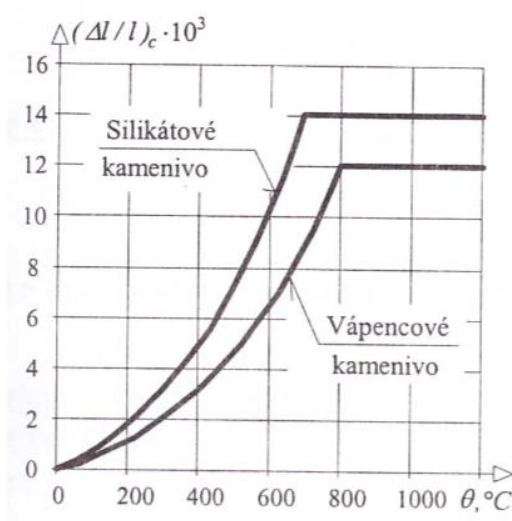
$$\text{pro } 700\text{ °C} < \theta \leq 1200\text{ °C} \quad \varepsilon_{c,\theta} = 14 \cdot 10^{-3}$$

a u vápencového kameniva:

$$\text{pro } 20\text{ °C} \leq \theta \leq 805\text{ °C} \quad \varepsilon_{c,\theta} = -1,2 \cdot 10^{-4} + 6 \cdot 10^{-6} \theta + 1,4 \cdot 10^{-11} \theta^3$$

$$\text{pro } 805\text{ °C} < \theta \leq 1200\text{ °C} \quad \varepsilon_{c,\theta} = 12 \cdot 10^{-3}$$

kde θ je teplota betonu [6].



Obrázek 6 - Teplotní roztažnost betonu [6]

Měrné teplo suchého betonu, $u = 0 \%$, se silikátovým i vápencovým kamenivem lze definovat vztahy, viz obrázek 7:

$$\text{pro } 20 \text{ }^{\circ}\text{C} \leq \theta \leq 100 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad c_{p,\theta} = 900 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

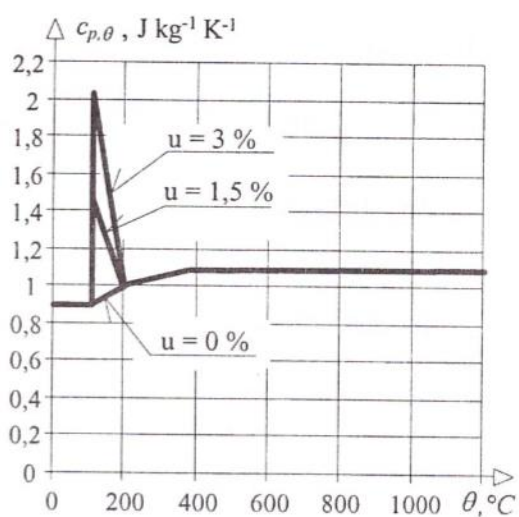
$$\text{pro } 100 \text{ }^{\circ}\text{C} < \theta \leq 200 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad c_{p,\theta} = 900 + (\theta - 100) \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{pro } 200 \text{ }^{\circ}\text{C} < \theta \leq 400 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad c_{p,\theta} = 1000 + (\theta - 200)/2 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{pro } 400 \text{ }^{\circ}\text{C} < \theta \leq 1200 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad c_{p,\theta} = 1100 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

kde θ je teplota betonu [6].

Při vlhkosti betonu $u = 1,5 \%$, popřípadě $u = 3 \%$ hmotnosti betonu, se mění vrchol grafu, jak je vidět na obrázku 7, mezilehlé hodnoty lze interpolovat [6].



Obrázek 7 - Měrné teplo betonu pro tři různé vlhkosti [6]

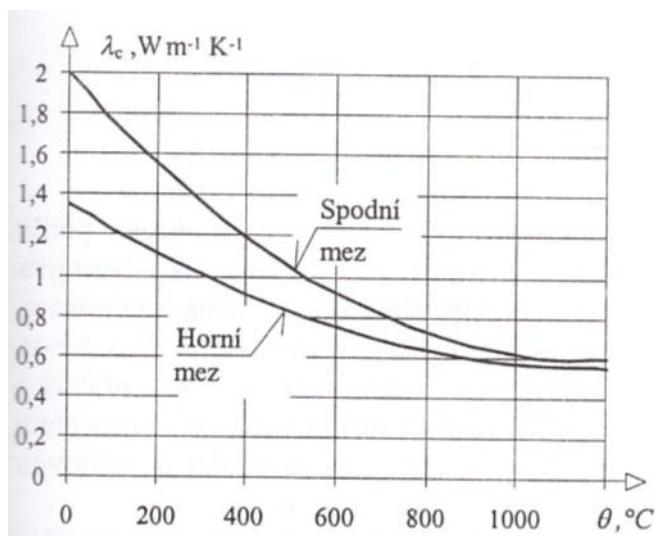
Tepelná vodivost betonu λ_c , viz obrázek 8, je možné pro normální betony definovat pro horní hodnotu pro $20\text{ °C} \leq \theta \leq 1200\text{ °C}$

$$\lambda_c = 2 - 0,2451 (\theta/100) + 0,0107 (\theta/100)^2 \text{ ve W}$$

dolní hodnotu pro $20\text{ °C} \leq \theta \leq 1200\text{ °C}$

$$\lambda_c = 1,36 - 0,136 (\theta/100) + 0,0057 (\theta/100)^2 \text{ ve W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

kde θ je teplota betonu [6].



Obrázek 8 - Tepelná vodivost betonu [6]

Teplotní roztažnost betonářské a předpínací oceli ε_θ je možné definovat ve vztahu k délce při 20 °C, viz obrázek 9, u betonářské oceli

$$\text{pro } 20\text{ °C} \leq \theta \leq 750\text{ °C} \quad \varepsilon_\theta = -2,416 \cdot 10^{-4} + 1,2 \cdot 10^{-5} \theta + 0,4 \cdot 10^{-8} \theta^2$$

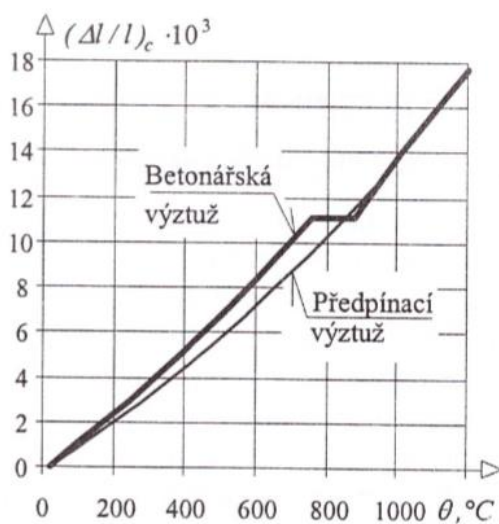
$$\text{pro } 750\text{ °C} < \theta \leq 860\text{ °C} \quad \varepsilon_\theta = 11 \cdot 10^{-3}$$

$$\text{pro } 860\text{ °C} < \theta \leq 1200\text{ °C} \quad \varepsilon_\theta = -6,2 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 10^{-5} \theta$$

u předpínací oceli

$$\text{pro } 20\text{ °C} \leq \theta \leq 1200\text{ °C} \quad \varepsilon_\theta = -2,016 \cdot 10^{-4} + 10^{-5} \theta + 0,4 \cdot 10^{-8} \theta^2$$

kde θ je teplota oceli [6].



Obrázek 9 - Teplotní roztažnost oceli [6]

2.5.5 Vliv vysokých teplot na běžné cementové betony

Schopnost odolávat vysokým teplotám a zároveň si zachovat svou původní funkci je v určité míře požadována pro každou železobetonovou konstrukci vystavenou riziku požáru. Působením vysokých teplot na betonovou konstrukci dochází k tomu, že se v betonu odehrává řada komplexních procesů, které ovlivňují jeho materiálové vlastnosti. Faktory ovlivňující odolnost betonu jsou [8]:

1. složení (druh použitého kameniva, vodní součinitel apod.)
2. hutnost a homogenita
3. intenzita a doba teplotního zatížení

Teplotním namáháním dochází v betonu k trvalým změnám, které mají za příčinu pokles jeho pevnosti v tlaku i v tahu. Výraznou roli má poměr cementu a kameniva jenž výrazně ovlivňují velikost ztráty pevnosti, naopak vodní součinitel má na ztrátu pevnosti jen zanedbatelný vliv. Obecně pak platí, že betony s vyšším obsahem cementu ztrácejí svou pevnost rychleji než betony s menším obsahem cementu [8].

Vedle destruktivních metod zkoušení pevnosti betonu namáhaného teplotním zatížením se provádí také nedestruktivní měření za účelem zjištění dynamického modulu pružnosti. Ten nejvíce ovlivňuje druh použitého kameniva v betonu. Například fázové přeměny křemičitého kameniva mají velmi negativní vliv na moduly pružnosti, na rozdíl od lehkého kameniva [8].

Zcela zásadním faktorem je vlhkost betonu. Zahříváním dochází k odpařování vody, která nemá kam uniknout, a nahromaděný tlak má za příčinu odprýsknutí povrchové vrstvy betonu. Tento jev je nejmarkantnější u betonů s nízkým vodním součinitelem, jelikož mají spíše uzavřenou mikrostrukturu a pára tak jen obtížně uniká [8].

Tabulka 6 - Přehled změn mikrostruktury betonu při zahřívání [8]

Teplota betonu °C	Změny v mikrostruktuře betonu
20 - 200	Pomalá ztráta kapilární vody a snížení soudržných sil v důsledku expanze vlhkosti 80 °C – 150 °C dehydratace ettringitu 150 °C – 170 °C rozklad sádrovce $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ Počátek dehydratace CSH gelu Ztráta fyzikálně vázané vody
300 - 400	Praskání křemičitého kameniva (350 °C) Kritická teplota pro vodu (374 °C) – dále se již volná voda v betonu nevyskytuje
400 - 500	Rozklad portlanditu – $\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$
500 - 600	573 °C – Přeměna křemene z fáze β na fázi α
600 - 800	Druhá fáze rozkladu CSH gelů, tvorba β - C_2S
800 - 1000	840 °C – rozklad dolomitického vápence 870 °C – Přeměna křemene z fáze α na b-trydimit 930 °C – 960 °C – rozklad kalcitu – $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ Počátek vzniku keramické vazby, která nahrazuje hydraulické vazby, uvolňováním oxidu uhličitého
1000 - 1200	Tvorba Wollastonitu β ($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) 1050 °C – Nastává tavení čediče
1300	Celkový rozklad betonu, tavení některých jeho složek

2.5.6 Smyk, kroucení a kotvení

Únosnost ve smyku, kroucení a kotvení se považuje za dostatečnou v případech, kdy jsou splněny tabulkové hodnoty. Může být použito také výpočtových metod pro smyk, kroucení a kotvení, které jsou založené na výsledcích zkoušek. Zjednodušené způsoby pro zmiňované metody uvádí příloha D normy ČSN EN 1992-1-2 z roku 2004. V poznámce je uvedeno, že smykové porušení způsobené ohřevem a přetvořením konstrukce během požáru je velmi neobvyklé, a proto nejsou metody plně prověřeny. Rozhodnutí o použití přílohy D je uvedeno v národní příloze [6].

2.5.7 Odštěpování betonu

Odštěpování zahrnuje explozivní odprýskávání a oddělování povrchové vrstvy betonu. Při vlhkosti betonu menší než 3 % hmotnosti je vznik odštěpování velice nepravděpodobný. Při vyšších vlhkostech je zapotřebí vzít v potaz typ obsaženého kameniva v betonu, propustnost betonu a rychlost jakou je konstrukce zahřívána. Předpokládá se, že při návrhu konstrukce pro stupeň vlivu prostředí X0 a XC1 je požadavek vlhkosti do 3 % hmotnosti splněn. Při splnění tabulkových požadavků není zapotřebí provádění dalších kontrol odštěpení. V případě, že odštěpení nelze vyloučit, je zapotřebí vzít v potaz ztrátu části průřezu a ověřit sníženou únosnost pro nově vzniklý průřez [6].

Odpadávání betonu může nastat v pokročilém stadiu požáru u prvků se jmenovitým krytím výztuže větším než 70 mm, pokud nebylo zkouškami prokázáno jinak. Pro tyto případy je zapotřebí umístit u povrchu betonu svařovanou výztužnou KARI síť z prutů o průměru nejméně 4 mm a s maximálními roztečemi 100 mm [6].

2.5.8 Vysokohodnotný beton

U vysokopevnostních betonů musí být respektována doplňující ustanovení. Konstrukční prvky musí být navrženy na zvýšené teploty uvažované v závislosti na vlastnostech daného betonu a na riziku odštěpení krycí vrstvy výztuže. Dále uváděné doporučení lze použít pouze v případě požární expozice odpovídající ohřevu podle nominální normové teplotní křivky. Pevnostní charakteristiky betonu za požáru jsou uváděny pro tři třídy vysokopevnostních betonů, viz tabulka 7. Hodnoty uváděné v této tabulce mohou být upřesněny v Národní příloze. Do třídy 1 můžeme zařadit betony C 55/65 a C 65/75, do třídy 2 pak betony C 75/80 a C 80/95 a do třídy 3 beton C 90/105, rozdělení betonů do jednotlivých tříd je rovněž možno upřesnit v Národní příloze. Pokud není stanoveno v Národní příloze jinak, lze uvažovat tepelné vlastnosti vysokopevnostních betonů stejné jako u betonů běžných pevností, kde tepelná vodivost vysokopevnostních betonů může být větší než u betonů běžných pevností [6].

Pokud se očekává, že skutečná charakteristická pevnost betonu bude vyšší, než se kterou se počítalo při návrhu, je zapotřebí při návrhu na účinky požáru počítat s předpokládanou skutečnou charakteristickou pevností betonu [6].

Norma uvádí opatření proti odštěpení povrchové vrstvy betonu pro dvě skupiny vysokopevnostních betonů:

1. Pro třídy C 55/67 až C 80/95 při obsahu křemičitého úletu menším než 6 % hmotnosti cementu, platí pravidla jako pro normální beton.

2. Pro třídy C 80/95 až C 90/105 a větší obsah úletu může odštěpení nastat při přímém vystavení požáru. V tomto případě je zapotřebí použít nejméně jednu z níže uvedených metod:

Metoda A) Provést výztužnou KARI síť s krytím 15 mm ($\phi \geq 2$ mm, oka 50 x 50 mm), krytí nosné výztuže musí být minimálně 40 mm.

Metoda B) Pomocí zkoušek prokázat, že k odštěpení během požáru nedochází.

Metoda C) Provést ochranou vrstvu, pro kterou je prokázáno, že k odštěpení nedochází.

Metoda D) Do betonové směsi přidat propylenová vlákna v množství větším než 2 kg/m³.

Únosnost během požáru má být stanovena obecnou metodou, nebo zjednodušenou metodou při uvažování rozložení teploty v konstrukci, redukce pevnosti materiálu vlivem teploty, vlivu reakcí od teplotní expanze a vlivů druhého řádu [6].

Při výpočtu efektivního průřezu se redukováná tloušťka a_{500} vypočtena z izotermy 500 °C zvětší součinitelem k . Tento součinitel vyjadřuje posun izotermy z 500 °C na 460 °C pro třídu 1 je doporučená hodnota $k = 1,1$, a na 400 °C pro třídu 2, kde doporučená hodnota k je rovna 1,3. Redukovaná tloušťka je tedy dána vztahem $a_z = k a_{z,500}$. Pro třídu 3 se doporučuje použití přesnější metody. Moment únosnosti průřezu namáhaného ohybem a normálovou silou lze stanovit zónovou metodou při uvažování $E_{c,fi} = k_{c,\theta}^2 E_c$ [6].

Moment únosnosti desky desek a trámů za požáru je možno stanovit opět pro redukovaný průřez metodami používanými při běžném návrhu. Dodatečná redukce mezního momentu se předepisuje vztahem $M_{d,fi} = M_{500} k_m$, kde k_m je redukční součinitel 0,85 až 0,98 podle typu prvku, třídy betonu a vystavení požáru. Tabulkové údaje pro desky a trámy z normálního betonu je možné aplikovat i pro vysokopevnostní betony třídy 1 a 2, za předpokladu zvýšení minimálních rozměrů b_{min} součinitelem:

1. $(k - 1)a$ pro stěny a desky vystavené požáru jen z jedné strany
2. $(k - 1)2a$ pro všechny ostatní prvky a zvětšit osovou vzdálenost a součinitelem k [6].

Tabulka 7 - Redukce pevnosti betonu při zvýšené teplotě [6]

Teplota betonu °C	$f_{c,\theta}/f_{ck}$		
	Třída 1	Třída 2	Třída 3
20	1,00	1,00	1,00
50	1,00	1,00	1,00
100	0,90	0,75	0,75
200	-	-	0,70
250	0,90	-	-
300	0,85	-	0,65
400	0,75	0,75	0,64
500	-	-	0,30
600	-	-	0,25
700	-	-	-
800	0,15	0,15	0,15
900	0,08	-	0,08
1000	0,04	-	0,04
1100	0,01	-	0,01
1200	0,00	0,00	0,00

kde $f_{c,\theta}$ je charakteristická hodnota pevnosti betonu v tlaku při teplotě θ .
 f_{ck} je charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku ve stáří 28 dní.

3. PRAKTICKÁ ČÁST

3.1 TVRDOMĚRNÉ METODY ZKOUŠENÍ PEVNOSTI BETONU

3.1.1 Všeobecně

3.1.1.1 Použití tvrdoměrných metod

Dle normy ČSN 73 1373 se používají jen takové tvrdoměrné metody, které objektivně vyhodnotí pevnost betonu. Zpravidla se jedné o metody za použití dále uvedených přístrojů:

1. Schmidtových tvrdoměrů pro měření pevnosti betonu– typ originál N, L či SilverSchmidt, nebo přístroje stejného principu jiných výrobců;

2. špičákových tvrdoměrů – viz příloha B.

Jiné tvrdoměrné metody mohou být použity jen v případě, jestliže byly prověřeny a schváleny odborným ústavem pověřeným prováděním nedestruktivních zkoušek [9].

Tvrdoměry se zkouší beton povrchových vrstev (tzv. **cementový tmel**) zkušebních vzorků, stavebních dílců a konstrukcí. Předpokládá se, že pevnost betonu v tlaku je stanovená do hloubky 200 mm, a to jen tehdy, nebyla-li zjištěna vrstevnatost betonu [9].

Tabulka 8 - Rozsah použití tvrdoměrů [9]

Použitý tvrdoměr	Vlhkost betonu		Krychelná pevnost betonu [MPa]	Nejmenší tloušťka vrstvy betonu [mm]	Nejmenší šířka betonové zálivky [mm]
	Běžné případy	Zvláštní případy			
Schmidt. typ N	A, B	C, D	17 až 60	100	30
Schmidt. typ L	A, B	C, D	13 až 50	60	30
Schmidt. typ M	A, B	C, D	25 až 60	200	-
špičákový tvrd.	B, C, D	-	3 až 30	100	40
Vysvětlivky k označení vlhkosti betonu: A – beton suchý, tj. s obsahem vlhkosti do 0,3 % hmotnosti. B – beton přirozeně vlhký, tj. s obsahem vlhkosti od 0,5 % do 2,5 % hmotnosti. C – vlhký beton, tj. s obsahem vlhkosti zpravidla nad 2,5 % do 5 % hmotnosti. D – beton nasycený vodou, tj. s obsahem vlhkosti zpravidla nad 5 % hmotnosti.					

3.1.1.2 Ověřování přístrojů

Veškeré tvrdoměrné přístroje musí být před uvedením do používání a po jakékoliv opravě kontrolovány ve smyslu platných metrologických předpisů. Veškeré tvrdoměry, vyvozující ráz musí být nejméně jednou za rok, nejvýše však po 2 000 odrazech přezkoušeny s ohledem na funkci a přesnost měření, pokud není výrobcem stanoveno jinak [9].

3.1.1.3 Vyhodnocení pevnosti

Krychelná pevnost se stanoví z odvozených pevností v tlaku na použitých zkušebních vzorcích, jejich vynásobení součiniteli podle ČSN 73 1370, popř. ČSN 73 1317. Pro upřesnění obecného nebo směrného kalibračního vztahu součinitelem α je zapotřebí [9].

1. nejméně 9 krychlí nebo válců, zhotovených ze stejných složek jako beton vyšetřované konstrukce nebo dílce, zhutňovaných a ošetřovaných co možná stejným způsobem jako tento beton a které jsou s ním přibližně stejného stáří.

2. nejméně dále uvedeného počtu zkušebních těles vyjmutých z konstrukce nebo dílce na tyto jejich objemy:

a) 3 tělesa na objem nepřesahující 10 m³;

b) 6 těles na objem nepřesahující 50 m³;

c) 9 těles na objem větší než 50 m³;

Součinitel α se vypočte ze vztahu $\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n f_{bi}}{\sum_{i=1}^n f_{bei}}$

Kde f_{bi} je pevnost betonu v tlaku stanovená na i-tém zkušebním vzorku;

f_{bei} je pevnost betonu v tlaku s nezaručenou přesností, stanovená na tomtéž zkušebním vzorku;

n je počet zkušebních vzorků [9].

3.1.1.4 Volba a úprava zkušebních míst

Beton se zkouší na vybraných a upravených zkušebních místech, která se volí tak, aby svým rozložením a počtem reprezentovala zkoušenou plochu betonu. Zkušební místa se, pokud možno, volí mimo probíhající ocelovou výztuž. V nezbytném případě však mohou být umístěna nad výztuž dostatečně krytou betonem tak, aby jí nijak nebyl ovlivněn výsledek zkoušky. Zkušební místa musí velikosti vyhovovat podmínkám předepsaným pro použitou tvrdoměrnou metodu. Každé zkušební místo se upraví předepsaným způsobem, včetně odstranění povrchové vrstvy betonu, je-li zkarbonatovaná, nebo je-li podezření, že její ovlivnění bedněním by mohlo zkreslit výsledky zkoušek [9].

3.1.1.5 Vyhodnocení zkoušek

Při stanovení pevnosti v tlaku konstrukcí a dílců se považuje zjištěná hodnota pevnosti betonu v tlaku jednoho zkušebního místa za hodnotu jednoho znaku. Výsledek zkoušky každého jednotlivého místa se zaokrouhluje na celý MPa [9].

Je-li zkoušený beton starší 56 dnů a pro kalibrační vztahy nebo upřesněné zkoušky nebyly odebrány vzorky z konstrukce, pak se odvozená hodnota pevnosti v tlaku z obecného kalibračního vztahu vynásobí součinitelem α_h který je [9]:

při stáří betonu	57 až 180 dnů	$\alpha_h = 0,95;$
	181 až 360 dnů	$\alpha_h = 0,93;$
	nad 360 dnů	$\alpha_h = 0,90.$

Je-li zkoušený beton jiný než vlhký, popř. přirozeně vlhký, vynásobí se odvozená hodnota pevnosti v tlaku z obecného kalibračního vztahu součinitelem α_w který je [9]:

pro beton suchý	$\alpha_w = 0,85;$
pro beton přirozeně vlhký a vlhký	$\alpha_w = 1,00;$
pro beton nasycený vodou	$\alpha_w = 1,05.$

3.1.2 Metoda Schmidtových tvrdoměrů

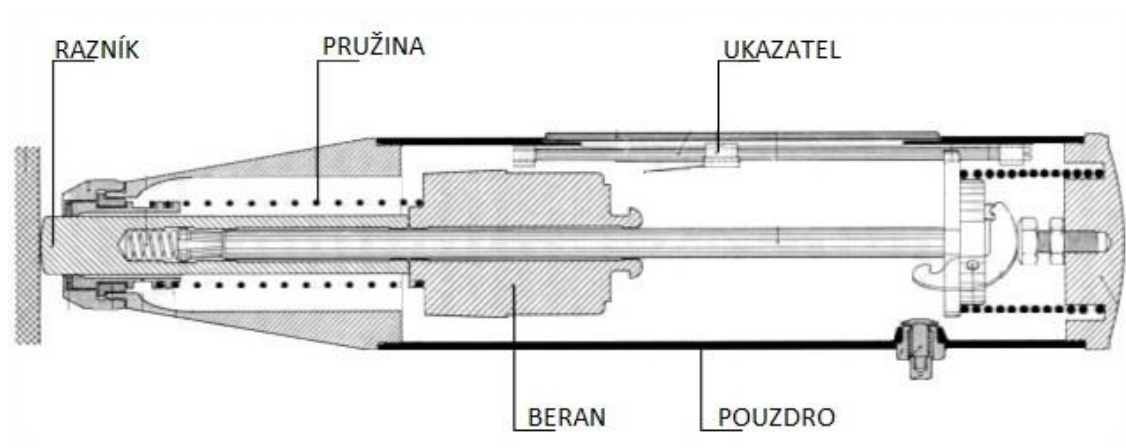
3.1.2.1 Podstata zkoušky

Při zkoušce krychelné pevnosti betonu v tlaku Schmidtovým tvrdoměrem se zjišťuje velikost odrazu úderného beranu přístroje od zkoušeného povrchu. Z velikosti odrazu se následně stanoví pevnost betonu v tlaku s nezaručenou přesností. Metody Schmidtových tvrdoměrů se používají pro vyšetřování vlastností betonu, který svou pevností a vlhkostí vyhovuje podmínkám uvedeným v tabulce 8 [9].

3.1.2.2 Zkušební zařízení

Zkušebním zařízením jsou Schmidtovy odrazové tvrdoměry, sestávající se z ocelového beranu s pružinou, která po uvolnění vymrští beran na ocelový razník opřený o povrch betonu [9].

Mechanismus tvrdoměru se skládá z ocelové osy-tyče a na ní napojeného razníku se zaobleným koncem, z úderného ocelového beranu nasunutého na osu, a z ocelové pružiny uchycené na hlavici zkušebního tvrdoměru, která vymrští úderné zařízení proti razníku. Velikost odrazu se zachycuje na stupnici ukazatelem pohybujícím se ve směru podélné osy a umístěném v pouzdru tvrdoměru, nebo velikost odrazu podle druhu přístroje je možno odečíst na registrační folii nebo na digitálním displeji [9].



Obrázek 10 - Tvrdoměr Schmidt N (schéma) [10]

3.1.2.3 Kalibrační kovadlina

Každý zkušební přístroj musí být řádně metrologicky ověřen. Před každým měřením souboru zkušebních míst se musí zkontrolovat velikost odrazu na kalibrační kovadlině. Hodnota odrazu na kovadlině se musí shodovat s hodnotou udávanou výrobcem pro daný typ přístroje a předepsaný typ kovadliny. Pro ověření tvrdoměru je určena kalibrační kovadlina, která má tvrdost nejméně 52 HRC, hmotnost (16 ± 1) kg a průměr cca 150 mm [9].

3.1.2.4 Zkušební postup

Razník tvrdoměru se přiloží na zkušební místo kolmo na zkoušený povrch betonu do místa cementové malty bez dutin, pak se tvrdoměr stlačuje pomalým plynulým pohybem až ocelový beran vyvodí ráz. Na hlavici tvrdoměru se tlak vyvozuje do okamžiku zachycení velikosti odrazu. Velikost odrazu úderného beranu se odečte na ukazateli tvrdoměru a zaznamená. U přístrojů s registračním zařízením se velikost odrazu automaticky zaznamená na záznamovou folii [9].

Na každém zkušebním místě se provede nejméně sedm platných měření. Ke každé hodnotě měření se odečte hodnota pevnosti. Hodnota pevnosti jednotlivých platných měření se nesmí lišit od aritmetického průměru všech měření na tomtéž zkušebním místě o více než ± 20 %. Pevnosti vybočující z těchto mezních odchylek se vyloučí a ze zbývajících platných měření se vypočte nový aritmetický průměr [9].

3.1.2.5 Stanovení krychelné pevnosti v tlaku

Hodnota pevnosti betonu v tlaku se stanoví jako pevnost betonu v tlaku s nezaručenou přesností z obecného kalibračního vztahu, přičemž se přihlíží k poloze tvrdoměru při zkoušce. Pro jiné odklony tvrdoměru je nutno použít kalibrační křivky pro stanovení f_{be} podle směru zkoušení, popřípadě provést interpolaci podle přímky hodnot příslušejícím údajům nejbližších poloh tvrdoměru [9].

Upřesněná hodnota pevnosti betonu v tlaku se stanoví podle způsobu upřesnění takto:

1. při použití určujícího kalibračního vztahu odvozením z tohoto vztahu, nebo
2. při použití součinitele α nejdříve odvozením pevnosti s nezaručenou přesností z obecného kalibračního vztahu (f_{be}) a vynásobením této hodnoty součinitelem α podle vztahu $f_b = \alpha \cdot f_{be}$ [9].

3.2 ZKUŠEBNÍ TĚLESA

3.2.1 Výroba zkušebních panelů

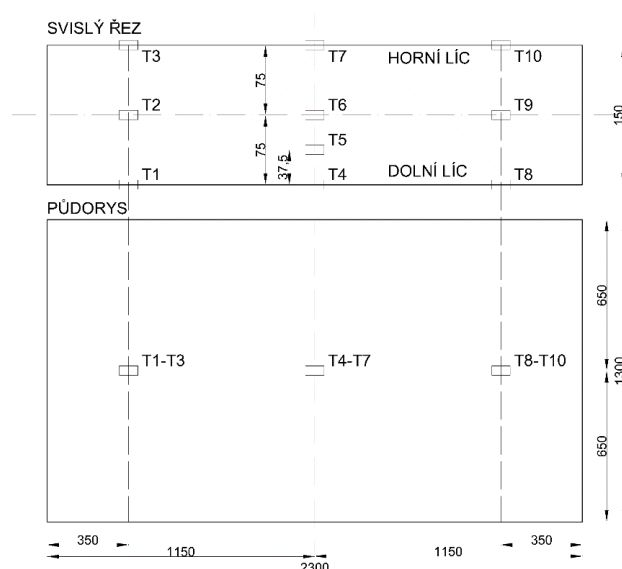
Jako první krok bylo nutno sestavit bednění potřebné pro výrobu sedmi kusů betonových panelů o jmenovitých rozměrech 2300 × 1300 × 150 mm pro požární zkoušky a dílčí testy. Bednění bylo sestaveno z nenasákavého materiálu a vyloženo plastovou fólií usnadňující odbednění. Bednění je prezentováno na obrázku 11 [11].

Pro bezpečnou manipulaci s panely bylo nutno alespoň minimálního vyztužení. K tomuto účelu sloužily kari-sítě o průměru drátu 6 mm a velikostí oka 100 × 100 mm. Tyto kari-sítě byly před betonáží vloženy do bednění a zafixovány ve vzdálenosti 15 mm od spodního líce panelu. Fixace byla zajištěna pomocí bodových plastových podložek, rozmístěných dle pokynů výrobce [11].

Mimo kari-sítě byly do bednění instalovány termočlánky snímající rozvoj teplot uvnitř panelů během požárních zkoušek. Termočlánky byly umístěny v podélné ose panelu – uprostřed a přibližně 350 mm od okrajů. V těchto bodech půdorysu byly ukotveny čtyři (uprostřed) a po třech (u okrajů) snímače po tloušťce desky. V každém panelu tak byly teploty snímány pomocí celkem deseti termočlánků. Rozmístění termočlánků je patrné ze schématu na obrázku 12 [11].



Obrázek 11 - Bednění experimentálních panelů vyztužených kari-sítí a opatřeny termočlánky: vpravo detail ukotvení termočlánků [12]



Obrázek 12 - Schéma umístění termočlánků v betonových panelech [11]

Betonové panely byly realizovány z normálního betonu s běžnými vlastnostmi z hlediska požární odolnosti. Byl použit beton pevnostní třídy C 30/37 se stupněm vlivu prostředí XC3. Jako plnivo bylo v betonu použito křemičité kamenivo s maximální frakcí zrna D_{\max} 16 mm. Stupeň konzistence čerstvé betonové směsi byl S3, z hlediska obsahu chloridů je materiál klasifikován do kategorie Cl 0,20. Složení čerstvého betonu pro výrobu zkušebních panelů je v tabulce 9 [11].

Tabulka 9 - Složení čerstvého betonu pro výrobu zkušebních panelů [11]

Materiál	Množství [kg] na 1 m ³ čerstvého betonu
Drobné těžené kamenivo 0-4 Zaječí	840
Hrubé těžené kamenivo 8-16 Zaječí	880
CEMI42,5R Prachovice	335
Popílek Chvaletice	50
Samozhutňující plastifikátor CX Isoflex 833	2,67
Voda	170

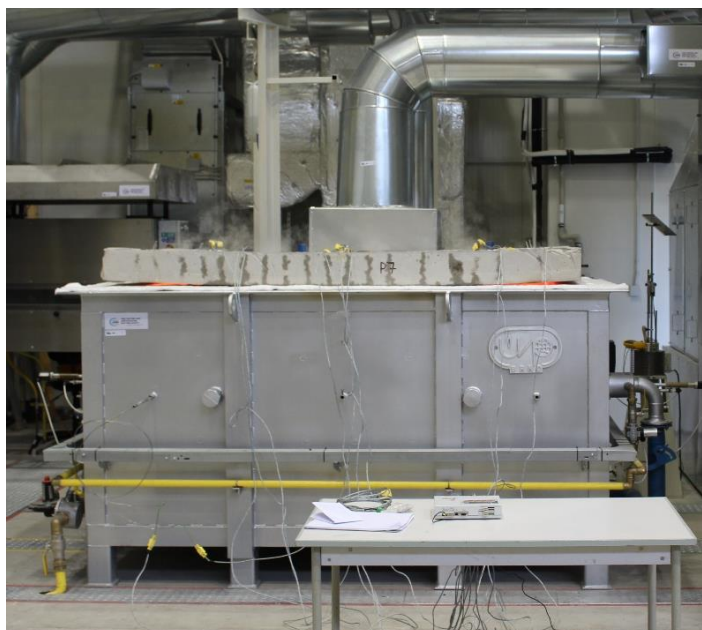
Po betonáži byly desky prvních 7 dní obaleny plastovou fólií zabraňující odpařování vody ze zrajícího betonu a uloženy v prostředí s teplotou 20 ± 2 °C. poté bylo sejmuta bednění a dílce byly uskladněny volně v hale s běžnou okolní teplotou 20 ± 3 °C. Celková doba zrání betonu před provedením zkoušky byla minimálně 160 dní, byla tedy dodržena doporučení RILEM TC 200-HTC na minimální stáří betonu pro požární zkoušky, tj. více než 90 dní [11].

3.2.2 Požární zkoušky

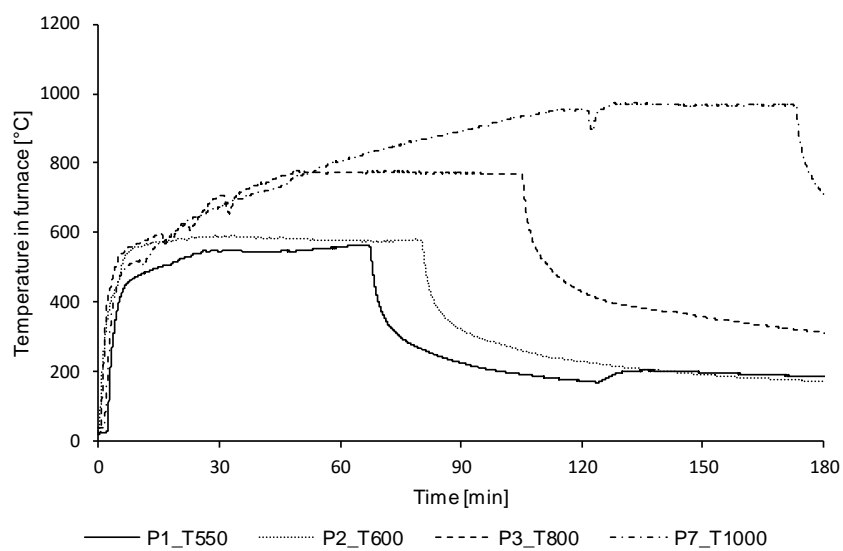
Celkem bylo provedeno 5 požárních zkoušek, při nichž bylo dosaženo 550, 600, 800, 900 a 1000 °C. Jeden panel byl použit bez teplotního namáhání jako referenční pro porovnání účinků vysokých teplot. Sedmý panel byl odložen pro další v budoucnu zamýšlené zkoušky [11].

Průběh zkoušek:

1. Před zahájením požární zkoušky byla stanovena vlhkost zkušebního panelu s využitím karbidu vápníku pomocí CM přístroje značky RADTKE. Vhodné množství odebraného vzorku se rozdrtilo a společně s ocelovými kuličkami se vložilo do tlakové láhve. Ke vzorku se přidala ampule karbidu vápníku a láhev se hermeticky uzavřela a protřepala. Došlo k uvolnění karbidu vápníku a tím se spustila reakce, která má za následek postupné zvyšování tlaku v nádobě. Po předepsané době se na manometru odečetl tlak a podle převodní tabulky se stanovila hodnota CM. Ta se podle daného stavu přepočte na vlhkost v hmotnostních procentech [11].
2. Zkušební panel byl uložen na horní hrany pece pro studium chování materiálů za vysokých teplot ve Vědeckém Centru AdMaS. S ohledem na konstrukci pece tak bylo zajištěno ohřívání vzorku z jedné (spodní) strany. Horní straně panelu bylo umožněno samovolné ochlazování do okolního prostředí. Na obrázku 13 je zachycen průběh požární zkoušky vybraného zkušebního panelu [11].
3. Panel byl ohříván podle normové křivky dle EN 1991-1-2 do získání požadované maximální teploty (pro jednotlivé panely 550, 600, 800, 900 a 1000 °C), poté se daná úroveň teplotního zatížení udržovala dalších 60 minut, aby bylo zajištěno dostatečné prohřání zkušebního panelu. Záznam skutečných teplot pro vybrané požární zkoušky je na obrázku 14, teplotní křivky jsou vyobrazeny i s fází ochlazování [11].



Obrázek 13 - Požární pec pro studium chování materiálů za vysoké teploty ve Vědeckém Centru AdMaS při požární zkoušce panelu s maximální teplotou 1000 °C [12]



Obrázek 14 - Teplotní křivky při vybraných realizovaných experimentech [11]

3.3 NÁZORNÉ STANOVENÍ PEVNOSTI BETONU V TLAKU POMOCÍ SCHMIDTOVA TVRDOMĚŘU TYPU N

Nedestruktivní metoda stanovení pevnosti betonu pomocí tvrdoměrného kladívka je používána pro měření tvrdosti betonu, tj. schopnosti materiálu odolávat průniku cizího tělesa. Tvrdoměrné zkoušky byly prováděny pomocí dvou měřících přístrojů – staršího Originál Schmidt N pro běžné betony s pevnosti v rozsahu od 10 do 70 MPa (s energií dopadu 2,207 Nm) a novějšího SilverSchmidt L s rozsahem pevností od 10 do 100 MPa (s kinetickou energií 0,735 Nm). Schmidt N byl zvolen z důvodu jeho častého použití v oblasti diagnostiky betonových konstrukcí, naproti tomu SilverSchmidt L byl pro testování vybrán pro jeho nízkou energii dopadu, jelikož u betonu postiženého požárem lze očekávat zvýšenou křehkost materiálu [11].

Schmidtovým tvrdoměrem se v souladu s postupem v ČSN 73 1373 stanovila míra odrazu na straně ohřívaného povrchu desky, viz obrázek 15. na každém bodu rastru bylo prováděno 10 platných čtení míry odrazu pro každý z použitých tvrdoměrů. Měření je vypracováno v následující kapitole a je v souladu s normou ČSN 73 1373 a doporučením výrobce Proceq. Získaná pevnost vychází z přepočtu míry odrazu pro tvrdoměr Schmidt N a přepočtu kinetické energie pro tvrdoměr SilverSchmidt L. Z výsledků těchto měření byly vypracovány plošné grafy znázorňující pevnost betonu v jednotlivých bodech rastru [11].



Obrázek 15 - Měření panelu P4 tvrdoměrným kladívkem Originál Schmidt N; rastr zkušebních míst [12]

3.3.1 Naměřené hodnoty odrazu

Deska P1 (550 °C) - Schmidtův tvrdoměr typu N															
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20 \%$		$\phi_{\text{nový}}$	f_{be}
[A,1]	48	43	37	36	35	41	41	41	40,5	44	41	33,0 - 49,0		41	47
[A,2]	39	39	47	45	44	43	41	50	44	42	43	34,5 - 51,5		43	51
[A,3]	42	39	42	51	54	55	48	44	43	53	47	38,0 - 56,0		47	58
[A,4]	40	44	52	52	41	52	48	40	38	44	45	36,0 - 54,0		45	54
[A,5]	43	46	41	46	47	40	42	49	38	40	43	34,5 - 51,5		43	51
[A,6]	42	43	42	46	49	40	40	41	48	41	43	34,5 - 51,5		43	51
[A,7]	38	43	36	37	39	43	41	41	38	41	40	32,0 - 48,0		40	46
[A,8]	49	39	37	39	47	38	41	44	34	42	41	33,0 - 49,0		41	47
[A,9]	37	43	47	44	46	43	41	46	43	41	43	34,5 - 51,5		43	51
[A,10]	45	43	42	53	44	42	41	41	44	44	44	35,5 - 52,5		43	51
[A,11]	46	42	44	43	45	49	41	42	45	45	44	35,5 - 52,5		44	52
[A,12]	32	31	40	40	44	40	38	50	42	39	40	32,0 - 48,0		39	44

kde ϕ je aritmetický průměr všech hodnot odrazu měřených v jednom bodě rastru.

$\pm 20 \%$ je interval s krajními hodnotami poníženými a navýšenými o hodnotu 20 % z aritmetického průměru ϕ .

$\phi_{\text{nový}}$ je nový aritmetický průměr všech hodnot odrazu spadajících do intervalu $\pm 20 \%$.

f_{be} je pevnost betonu v tlaku s nezaručenou přesností v MPa.

ČERVENĚ jsou pak značeny hodnoty odrazu nespádající do intervalu $\pm 20 \%$.

3.3.2 Obecný kalibrační vztah

Tabulka 10 - Obecný kalibrační vztah pro stanovení f_{be} v MPa Schmidovým tvrdoměrem typu N [9]

α	f_{be} [MPa] při směru zkoušení				
	Vodorovné	Směrem dolů		Směrem nahoru	
		Svisle	Pod úhlem 45°	Svisle	Pod úhlem 45°
24		19	18		
25	16	21	19		
26	18	22	21		
27	19	24	22		
28	21	26	24	14	16
29	22	27	26	15	17
30	24	29	27	17	19
31	25	30	29	18	20
32	27	32	30	20	22
33	28	33	32	21	24
34	30	35	34	23	25
35	32	37	35	25	27
36	33	39	37	26	28
37	35	41	39	28	30
38	37	42	41	30	32
39	39	44	42	32	34
40	41	46	44	34	36
41	42	47	46	35	38
42	44	49	48	37	40
43	46	51	50	39	41
44	48	52	51	41	43
45	50	54	53	43	45
46	52	56	55	45	47
47	53	58	57	47	49
48	55	60	59	49	51
49	57	62	61	51	53
50	59	64	62	52	55
51	61			54	57
52	63			56	59
53				58	61
54				60	63
55				62	

Měření v rámci této práce bylo prováděno směrem dolů a tvrdoměr byl ve svislé poloze.

3.3.3 Vyhodnocení pevností v tlaku pomocí obecného kalibračního vztahu

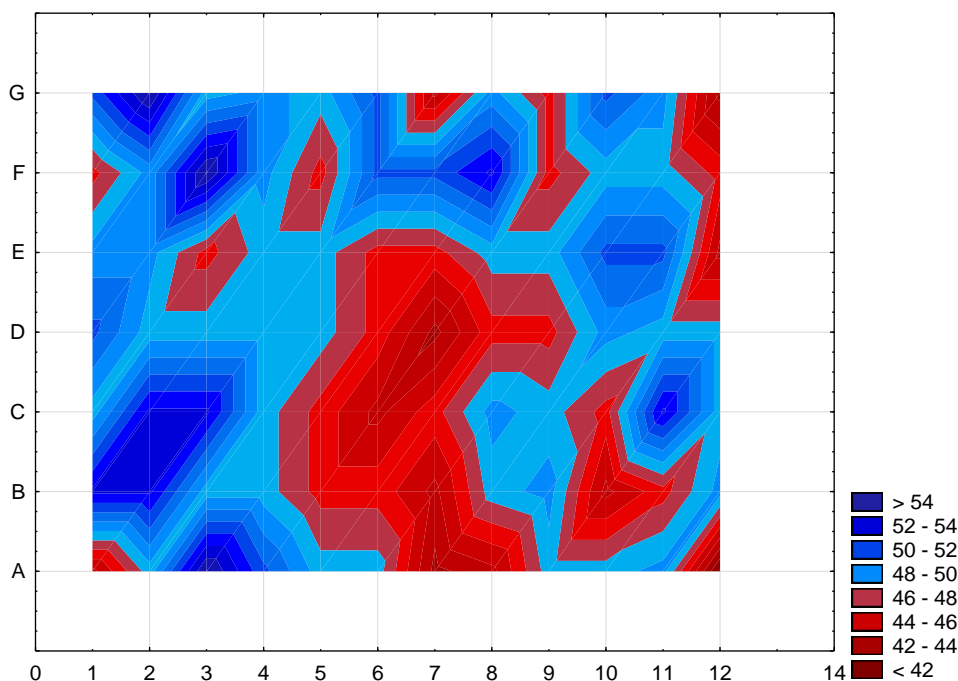
V tabulce 10 jsou ve sloupci α uvedeny hodnoty odpovídající hodnotám $\phi_{\text{nový}}$ vypočteným z hodnot odrazu odečtených na stupnici Schmidtova kladívka. Pro tyto hodnoty pak náleží hodnoty uvedené ve sloupci pro směr provádění zkoušky směrem dolů a polohu Schmidtova tvrdoměru svisle. Hodnoty v tomto sloupci značí f_{be} pevnost betonu v tlaku s nezaručenou přesností. Tyto hodnoty je zapotřebí ještě vynásobit součinitelem α_h zohledňujícím stáří betonu a součinitelem α_w zohledňující vlhkost betonu. V našem případě je stáří betonového panelu v intervalu 57 až 180 dnů ($\alpha_h = 0,95$) a beton je přirozeně vlhký ($\alpha_w = 1,00$).

Tabulka hodnot f_{be} [MPa] desky P1 (550 °C)							
Body	A	B	C	D	E	F	G
1	44,7	53,2	48,5	51,3	49,4	46,6	51,3
2	48,5	53,2	53,2	48,5	49,4	49,4	55,1
3	55,1	48,5	53,2	48,5	46,6	55,1	48,5
4	51,3	48,5	48,5	48,5	48,5	49,4	49,4
5	48,5	46,6	46,6	48,5	48,5	46,6	48,5
6	48,5	46,6	44,7	46,6	46,6	51,3	51,3
7	43,7	44,7	46,6	43,7	46,6	51,3	44,7
8	44,7	48,5	49,4	46,6	48,5	53,2	49,4
9	48,5	49,4	48,5	46,6	48,5	46,6	46,6
10	48,5	44,7	46,6	49,4	51,3	48,5	51,3
11	49,4	46,6	53,2	48,5	51,3	48,5	49,4
12	41,8	49,4	48,5	48,5	44,7	46,6	43,7

α_h	0,95
α_w	1,00

Průměr	48,52
Směrodatná odchylka	2,73
Variační Koefficient	5,63

Graf f_{be} pro desku P1 (550 °C) - Schmidt Normal [MPa]



Zbývající desky měřeny pomocí kladívka Schmidt N jsou řešeny v přílohách a to následovně:

Deska P1 pro 550 °C – strana 74 až 77.

Deska P2 pro 600 °C – strana 81 až 84.

Deska P3 pro 800 °C – strana 88 až 91.

Deska P4 pro 20 °C – strana 95 až 98.

Deska P5 – Strana 102 až 105.

Deska P6 pro 900 °C – strana 109 až 112.

Deska P7 pro 1000 °C – strana 116 až 119.

3.3.4 stanovení upřesňujícího součinitele α dle ČSN 73 1373

Vzorek	Teplota výpalu [°C]	$f_{cc,cube}$ [MPa]	$f_{be,N}$ [MPa]	$f_{be,L}$ [MPa]	α_N	α_L
P4_C5	20	56,1	58,0	101,0	0,967	0,555
P4_D4		54,4	51,0	73,0	1,067	0,745
P4_E3		51,5	56,0	101,0	0,920	0,510
P1_C3	550	45,3	56,0	83,0	0,809	0,546
P1_C5		49,8	49,0	64,0	1,016	0,778
P1_F4		50,1	52,0	83,0	0,963	0,604
P2_F9	600	37,8	56,0	69,0	0,675	0,548
P2_CD7		49,2	46,5	40,0	1,058	1,230
P2_D9		45,0	51,0	60,0	0,882	0,750
P3_D8	800	38,0	33,0	22,0	1,152	1,727
P3_DE7		48,7	31,0	25,5	1,571	1,910
P3_FE7		48,7	33,0	30,0	1,476	1,623
P7_ED87	1000	39,0	24,5	11,0	1,592	3,545
P7_E87		32,6	21,0	12,0	1,552	2,717
P7_E9		35,5	24,0	13,0	1,479	2,731

Hodnoty upřesňujícího součinitele α jsou pouze orientační, součinitel vzhledem k nestejnorodosti betonu není možno vztáhnout k celému zkušebnímu panelu.

3.4 NÁZORNÉ STANOVENÍ PEVNOSTI BETONU V TLAKU POMOCÍ TVRDOMĚRU SILVERSCHMIDT TYPU L

Pro určení pevnosti betonu f_{be} v tlaku s nezaručenou přesností měřené pomocí přístroje SilverSchmidt typu L platí stejný postup jako pro Originál Schmidt N. Jelikož však kladívko SilverSchmidt L neměří velikost odrazu úderného beranu od razníku, jak je tomu u přístroje Originál Schmidt N, ale hodnotu odrazu vypočte z poměru rychlosti nárazu a rychlosti odskoku úderného beranu snímanou optickým zařízením, je výrobcem pro SilverSchmidt L stanoven následující kalibrační vztah:

$$y = 1,9368 \cdot e^{0,0637x}$$

kde y je pevnost v tlaku v MPa.

e je Eulerovo číslo.

x je hodnota odskoku v Q.

3.4.1 Naměřené hodnoty odrazu

Deska P1 (550 °C) -SilverSchmidt typ L															
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %	φnový	fbe	
[A,1]	60,5	60,5	69	64	64,5	58	54,5	64	56	65	62	50,0 - 74,0	62	101	
[A,2]	60,5	54,5	62,5	58,5	48,5	60	54,5	59	62	57	58	46,5 - 69,5	58	78	
[A,3]	59	66,5	62	58	52,5	58,5	64	58	55,5	60,5	59	47,5 - 70,5	59	83	
[A,4]	49	63,5	67	55,5	55	61,5	65	58,5	60,5	57	59	47,5 - 70,5	59	83	
[A,5]	54	55	64,5	62	55	60,5	61	60,5	49,5	58	58	46,5 - 69,5	58	78	
[A,6]	61	55	59,5	62	59	60,5	64,5	54	51,5	63	59	47,5 - 70,5	59	83	
[A,7]	52	43	57	58,5	63	59	44	50	58	47	53	42,5 - 63,5	53	57	
[A,8]	58,5	60	47,5	58	57,5	59	60,5	58	52,5	55,5	57	46,0 - 68,0	57	73	
[A,9]	59	53,5	61,5	56,5	60,5	62,5	54	55	53,5	60	58	46,5 - 69,5	58	78	
[A,10]	55,5	60	61,5	60,5	59	59	59,5	55,5	61	65	60	48,0 - 72,0	60	89	
[A,11]	58	61,5	69	65,5	65,5	61	56	61,5	59	65	62	50,0 - 74,0	62	101	
[A,12]	59	65,5	56	59	56	59,5	58,5	59	47,5	59,5	58	46,5 - 69,5	58	78	

kde ϕ je aritmetický průměr všech hodnot odrazu měřených v jednom bodě rastru.

$\pm 20\%$ je interval s krajními hodnotami poníženými a navýšenými o hodnotu 20 % z aritmetického průměru ϕ .

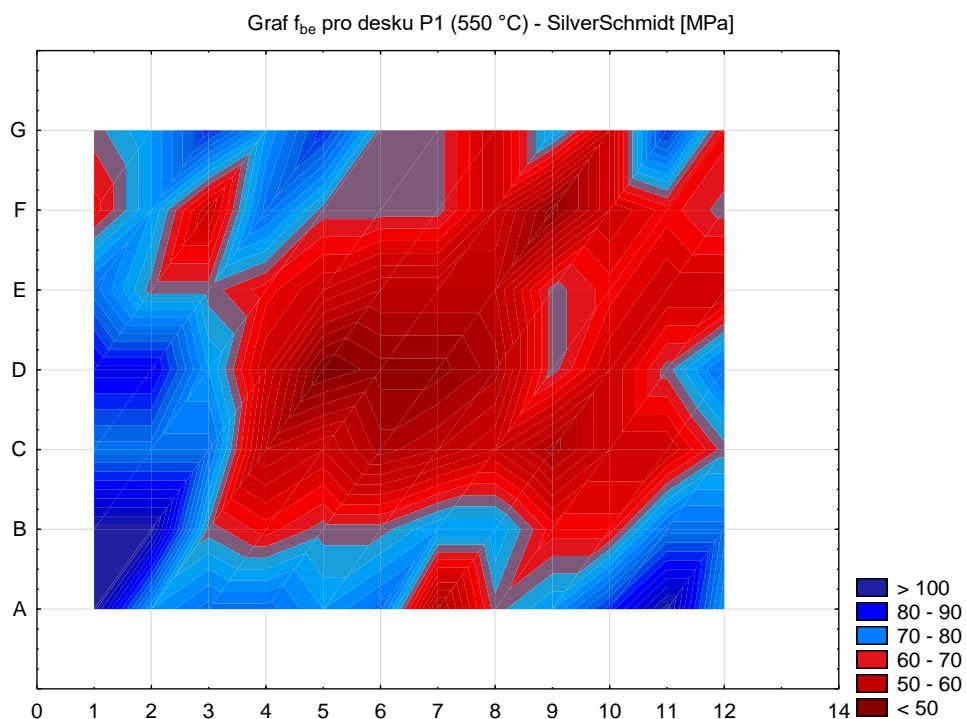
$\phi_{\text{nový}}$ je nový aritmetický průměr všech hodnot odrazu spadajících do intervalu $\pm 20\%$.

f_{be} je pevnost betonu v tlaku s nezaručenou přesností v MPa.

3.4.2 Vyhodnocení pevností v tlaku pomocí kalibračního vztahu

Tabulka hodnot f_{be} [MPa] desky P1 (550 °C)							
Body	A	B	C	D	E	F	G
1	101	101	83	83	83	69	73
2	78	101	83	83	73	78	78
3	83	73	83	78	73	64	89
4	83	69	60	64	69	83	78
5	78	73	64	50	64	73	89
6	83	73	57	53	60	73	73
7	57	78	60	53	60	73	73
8	73	78	64	57	60	64	64
9	78	69	57	73	73	53	78
10	89	69	64	64	69	64	64
11	101	83	64	73	64	69	89
12	78	83	73	83	64	73	69

Průměr	72,90
Směrodatná odchylka	11,10
Variační Koefficient	15,22



Zbývající desky měřeny pomocí kladívka SilverSchmidt L jsou řešeny v přílohách a to následovně:

Deska P1 pro 550 °C – strana 77 až 80.

Deska P2 pro 600 °C – strana 84 až 87.

Deska P3 pro 800 °C – strana 91 až 94.

Deska P4 pro 20 °C – strana 98 až 101.

Deska P5 – Strana 105 až 108.

Deska P6 pro 900 °C – strana 112 až 115.

Deska P7 pro 1000 °C – strana 119 až 122.

4. ZÁVĚR

Z výsledků zpracovaných naměřených hodnot získaných z nedestruktivních zkoušek měření pevnosti betonu v tlaku vyplývají tyto dílčí poznatky:

1. Z hlediska přesnosti měření pevnosti betonu v tlaku tvrdoměrnými metodami poskytl tvrdoměr SilverSchmidt typu L výrazně přesnější měření, než tomu bylo u tvrdoměru Originál Schmidt typu N. Z grafických výstupů, uvedených v přílohách této práce, je patrná podobnost mezi jednotlivými přístroji. Je však na první pohled zřetelné přesnější vyhodnocení zkoumaného vzorku tvrdoměrem SilverSchmidt typu L.
2. Podle velikosti variačního koeficientu vztaženého pro jednotlivé zkušební panely a měřící metody (Originál Schmidt N a SilverSchmidt L) je zřejmá mezní teplota 600 °C, při jejíž překročení se použití tvrdoměrných metod za účelem stanovení tlakové pevnosti jeví jako nevhodné.
3. Na základě měření bylo potvrzeno, že pevnost betonu v tlaku s rostoucí teplotou rapidně klesá.

Pro přesné určení pevnosti betonu jsou však vyhovující pouze destruktivní metody v podobě odběru jádrových vývrtů z konstrukce a následné laboratorní testování.

Tvrdoměrné metody mohou však úspěšně sloužit ke zmapování oblastí postižených požárem a přesné určení míst, ze kterých se následně odeberou zmiňované jádrové vývrty.

5. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Bibliografie

- [1] Historie betonu. *Moderní bydlení* [online]. 2011 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://www.emefej.cz/historie-betonu/>
- [2] DAVIDOVITS, Joseph. *Nové dějiny pyramid: první globálně pojatá teorie o stavbě pyramid vycházející ze syntézy moderní vědy, experimentování, náboženství a hieroglyfických textů*. Vyd. 1. Olomouc: Fontána, 2006. ISBN 8073363410.
- [3] ČSN EN 206: *Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. 1. Praha: ÚNMZ, 2014.
- [4] ADÁMEK, Jiří. Studijní opora pro předmět BI01: Stavební látky, Modul 03 - Beton [online]. Brno [cit. 2017-05-19].
- [5] ROVNANÍKOVÁ, Pavla, Patrik BAYER a Lubomír VÍTEK. Hlinitanový cement jako pojivo konstrukčního betonu - stav betonu z konstrukce mostu po padesáti letech. *Beton - technologie, konstrukce, sanace*. 2007, 7(3), 48-51.
- [6] WALD, František. *Výpočet požární odolnosti stavebních konstrukcí*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 8001031578.
- [7] ČSN EN 1992-1-2. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-2: Obecná pravidla - Navrhování konstrukcí na účinky požáru*. 3. Praha: ÚNMZ, 2006.
- [8] CARBOL, Ladislav. *Měření akustických vlastností stavebních materiálů pomocí pseudonáhodné sekvence*. Brno, 2016. Téma dizertační práce.
- [9] ČSN 73 1373: *Nedestruktivní zkoušení betonu - Tvrdoměrné metody zkoušení betonu*. 2. Praha: ÚNMZ, 2011.
- [10] *Přednáška č. 2 - Nedestruktivní zkoušení betonu v konstrukcích* [online]. Brno. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2705812/>
- [11] ROZSYPALOVÁ, Iva. *Hodnocení betonových konstrukcí poškozených požárem*. Brno, 2017. Pojednání k tématu dizertační práce.
- [12] Fotoarchív Ing. Iva Rozsypalová. 2017.

6. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Fáze rozvoje požáru [6]	19
Obrázek 2 - Aktivní a pasivní požární ochrana [6]	21
Obrázek 3 - Nominální teplotní křivky [6].....	31
Obrázek 4 - Matematický model pro pracovní diagram betonu při zvýšené teplotě [6].	33
Obrázek 5 - Matematický model pro pracovní diagram betonářské a předpínací oceli při zvýšené teplotě [6].....	35
Obrázek 6 - Teplotní roztažnost betonu [6].....	39
Obrázek 7 - Měrné teplo betonu pro tři různé vlhkosti [6]	40
Obrázek 8 - Tepelná vodivost betonu [6]	41
Obrázek 9 - Teplotní roztažnost oceli [6].....	42
Obrázek 10 - Tvrdoměr Schmidt N (schéma) [10]	51
Obrázek 11 - Bednění experimentálních panelů vyztužených kari-sítí a opatřeny termočlánky: vpravo detail ukotvení termočlánků [12]	54
Obrázek 12 - Schéma umístění termočlánků v betonových panelech [11].....	55
Obrázek 13 - Požární pec pro studium chování materiálů za vysoké teploty ve Vědeckém Centru AdMaS při požární zkoušce panelu s maximální teplotou 1000 °C [12]	57
Obrázek 14 - Teplotní křivky při vybraných realizovaných experimentech [11]	57
Obrázek 15 - Měření panelu P4 tvrdoměrným kladívkem Orginál Schmidt N; rastr zkušebních míst [12]	58

7. SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Pevnost betonu v tlaku [3]	17
Tabulka 2 - Hodnoty hlavních parametrů pracovního diagramu normálního betonu se silikátovým a vápencovým kamenivem při zvýšené teplotě [6].	34
Tabulka 3 - Hodnoty třídy N pro parametry pracovního diagramu betonářské výztuže válcované za tepla a tvářené za studena při zvýšených teplotách [6]	36
Tabulka 4 - Hodnoty třídy X pro parametry pracovního diagramu betonářské výztuže válcované za tepla a tvářené za studena při zvýšených teplotách [6]	37
Tabulka 5 - Hodnoty pro parametry pracovního diagramu za studena tvářených, kalených a popouštěných předpínacích výztuží při zvýšených teplotách [6]	38
Tabulka 6 - Přehled změn mikrostruktury betonu při zahřívání [8]	44
Tabulka 7 - Redukce pevnosti betonu při zvýšené teplotě [6]	47
Tabulka 8 - Rozsah použití tvrdoměrů [9]	48
Tabulka 9 - Složení čerstvého betonu pro výrobu zkušebních panelů [11]	55
Tabulka 10 - Obecný kalibrační vztah pro stanovení f_{be} v MPa Schmidtovým tvrdoměrem typu N [9]	60

8. SEZNAM POUŽITÝCH SKRATEK A SYMBOLŮ

$f_{ck,cyl}$	je charakteristická pevnost betonu v tlaku na zkušebním vzorku válcového tvaru o průměru 150 mm a výšce 300 mm
$f_{ck,cube}$	je charakteristická pevnost betonu v tlaku na zkušebním tělese krychelného tvaru o hraně 150 mm
$X_{d,fi}$	jsou návrhové hodnoty mechanických materiálových vlastností
X_k	je charakteristická hodnota pevnostní nebo deformační vlastnosti (obecně f_k nebo E_k) pro návrh při běžné teplotě dle EN 1992-1-1
k_θ	je redukční součinitel pro pevnostní nebo deformační vlastnosti závisící na teplotě materiálu
$\gamma_{M,fi}$	je dílčí součinitel spolehlivosti příslušné materiálové vlastnosti pro požární situaci
$X_{k,\theta}$	je charakteristická hodnota materiálové vlastnosti pro navrhování na účinky požáru, obecně závislá na teplotě materiálu
$E_{d,fi}$	je účinek návrhových zatížení pro požární situaci dle EN 1991-1-2
$R_{d,t,fi}$	je odpovídající návrhová únosnost pro danou požární situaci
θ_g	je teplota plynů v příslušném požárním úseku uváděná ve °C
$f_{c,\theta}$	je charakteristická hodnota pevnosti betonu v tlaku při teplotě θ
f_{ck}	je charakteristická hodnota pevnosti v tlaku na vzorku nepostiženém zahříváním.
$\varepsilon_{c1,\theta}$	je poměrné stlačení betonu při dosažení maximálního $f_{c,\theta}$
$\varepsilon_{cu,\theta}$	je mezní poměrné stlačení betonu
$f_{ckt,\theta}$	je snížená charakteristická tahová pevnost při teplotě θ
$k_{ct,\theta}$	je redukční součinitel pro teplotu θ
$f_{sy,\theta}$	je mez kluzu betonářské oceli při teplotě θ
f_{yk}	je charakteristická mez kluzu betonářské oceli
$f_{sp,\theta}$	je mez kluzu předpínací oceli při teplotě θ
$E_{s,\theta}$	je návrhová hodnota modulu pružnosti betonářské oceli při teplotě θ
E_s	je návrhová hodnota modulu pružnosti betonářské oceli
$f_{py,\theta}$	je mez kluzu předpínací oceli při teplotě θ
f_{pk}	je charakteristická mez kluzu předpínací oceli

$f_{pp,\theta}$	je pevnost předpínací oceli v tahu při teplotě θ
$E_{p,\theta}$	je návrhová hodnota modulu pružnosti předpínací oceli při teplotě θ
E_p	je návrhová hodnota modulu pružnosti předpínací oceli
$\varepsilon_{c,\theta}$	je teplotní poměrné přetvoření betonu
$c_{p,\theta}$	je měrné teplo
λ_c	je tepelná vodivost betonu
ε_θ	je teplotní roztažnost betonářské a předpínací oceli
$f_{c,\theta}$	je charakteristická hodnota pevnosti betonu v tlaku při teplotě θ
α	je upřesňující součinitel pevnosti betonu v tlaku
f_{bi}	je pevnost betonu v tlaku stanovená na i-tém zkušebním vzorku
f_{bei}	je pevnost betonu v tlaku s nezaručenou přesností, stanovená na tomtéž zkušebním vzorku
n	je počet zkušebních vzorků
α_h	je součinitel zohledňující stáří betonu
α_w	je součinitel zohledňující vlhkost betonu
φ	je aritmetický průměr všech hodnot odrazu měřených v jednom bodě rastru
$\varphi_{nový}$	je nový aritmetický průměr všech hodnot odrazu spadajících do intervalu $\pm 20 \%$
f_{be}	je pevnost betonu v tlaku s nezaručenou přesností v MPa
e	je Eulerovo číslo

9. SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA A – VYHODNOCENÍ DESKY P1 (550 °C)

PŘÍLOHA B – VYHODNOCENÍ DESKY P2 (600 °C)

PŘÍLOHA C – VYHODNOCENÍ DESKY P3 (800 °C)

PŘÍLOHA D – VYHODNOCENÍ DESKY P4 (20 °C)

PŘÍLOHA E – VYHODNOCENÍ DESKY P5

PŘÍLOHA F – VYHODNOCENÍ DESKY P6 (900 °C)

PŘÍLOHA G – VYHODNOCENÍ DESKY P7 (1000 °C)

10. PŘÍLOHY

PŘÍLOHA A – VYHODNOCENÍ DESKY P1 (550 °C)

Vyhodnocení podle Schmidtova tvrdoměru N

Deska P1 (550 °C) - Schmidův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	f_{be}
[A,1]	48	43	37	36	35	41	41	41	40,5	44	41	33,0 - 49,0	41	47
[A,2]	39	39	47	45	44	43	41	50	44	42	43	34,5 - 51,5	43	51
[A,3]	42	39	42	51	54	55	48	44	43	53	47	38,0 - 56,0	47	58
[A,4]	40	44	52	52	41	52	48	40	38	44	45	36,0 - 54,0	45	54
[A,5]	43	46	41	46	47	40	42	49	38	40	43	34,5 - 51,5	43	51
[A,6]	42	43	42	46	49	40	40	41	48	41	43	34,5 - 51,5	43	51
[A,7]	38	43	36	37	39	43	41	41	38	41	40	32,0 - 48,0	40	46
[A,8]	49	39	37	39	47	38	41	44	34	42	41	33,0 - 49,0	41	47
[A,9]	37	43	47	44	46	43	41	46	43	41	43	34,5 - 51,5	43	51
[A,10]	45	43	42	53	44	42	41	41	44	44	44	35,5 - 52,5	43	51
[A,11]	46	42	44	43	45	49	41	42	45	45	44	35,5 - 52,5	44	52
[A,12]	32	31	40	40	44	40	38	50	42	39	40	32,0 - 48,0	39	44

Deska P1 (550 °C) - Schmidův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	f_{be}
[B,1]	47	46	44	46	45	46	42	47	49	45	46	37,0 - 55,0	46	56
[B,2]	47	49	47	45	49	45	43	43	48	47	46	37,0 - 55,0	46	56
[B,3]	41	40	41	48	46	39	48	45	45	39	43	34,5 - 51,5	43	51
[B,4]	43	47	39	48	41	46	46	42	40	42	43	34,5 - 51,5	43	51
[B,5]	39	43	42	40	39	41	40	40	45	47	42	34,0 - 50,0	42	49
[B,6]	43	40	44	42	39	40	46	42	42	41	42	34,0 - 50,0	42	49
[B,7]	44	42	42	42	41	42	56	42	40	38	43	34,5 - 51,5	41	47
[B,8]	42	44	41	43	44	53	46	42	40	41	44	35,5 - 52,5	43	51
[B,9]	42	49	40	43	41	42	44	51	42	46	44	35,5 - 52,5	44	52
[B,10]	40	41	39	38	46	40	41	41	42	42	41	33,0 - 49,0	41	47
[B,11]	39	44	40	42	43	40	44	43	48	40	42	34,0 - 50,0	42	49
[B,12]	44	42	45	42	43	42	46	44	42	48	44	35,5 - 52,5	44	52

Deska P1 (550 °C) - Schmidtův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20 \%$	$\phi_{\text{nový}}$	fbe
[C,1]	45	46	42	43	38	46	48	38	40	40	43	34,5 - 51,5	43	51
[C,2]	48	49	49	45	45	49	50	41	44	44	46	37,0 - 55,0	46	56
[C,3]	45	52	44	53	50	43	43	39	43	51	46	37,0 - 55,0	46	56
[C,4]	39	43	45	43	42	48	36	41	47	42	43	34,5 - 51,5	43	51
[C,5]	41	42	40	46	42	42	40	54	42	41	43	34,5 - 51,5	42	49
[C,6]	42	42	40	40	39	40	42	48	41	40	41	33,0 - 49,0	41	47
[C,7]	45	39	45	39	43	43	41	40	44	39	42	34,0 - 50,0	42	49
[C,8]	44	40	38	48	42	43	42	52	42	52	44	35,5 - 52,5	44	52
[C,9]	41	42	49	40	46	41	41	42	41	60	44	35,5 - 52,5	43	51
[C,10]	41	41	42	41	44	41	44	45	41	54	43	34,5 - 51,5	42	49
[C,11]	47	48	54	48	39	42	40	47	45	49	46	37,0 - 55,0	46	56
[C,12]	44	47	44	48	39	42	38	46	39	41	43	34,5 - 51,5	43	51

Deska P1 (550 °C) - Schmidtův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20 \%$	$\phi_{\text{nový}}$	fbe
[D,1]	40	44	44	46	50	48	43	42	44	50	45	36,0 - 54,0	45	54
[D,2]	44	46	55	48	41	39	47	43	43	40	45	36,0 - 54,0	43	51
[D,3]	44	43	41	38	42	46	44	43	41	44	43	34,5 - 51,5	43	51
[D,4]	48	42	42	40	42	48	41	42	45	44	43	34,5 - 51,5	43	51
[D,5]	41	41	43	42	42	41	48	46	41	40	43	34,5 - 51,5	43	51
[D,6]	43	43	42	38	41	41	44	44	41	41	42	34,0 - 50,0	42	49
[D,7]	39	39	40	46	38	35	42	42	42	38	40	32,0 - 48,0	40	46
[D,8]	41	41	43	42	43	42	44	41	40	44	42	34,0 - 50,0	42	49
[D,9]	39	50	38	42	43	42	40	42	40	42	42	34,0 - 50,0	42	49
[D,10]	38	42	52	40	42	47	48	52	43	39	44	35,5 - 52,5	44	52
[D,11]	41	42	41	40	51	40	47	41	40	45	43	34,5 - 51,5	43	51
[D,12]	42	38	45	44	46	38	43	43	45	43	43	34,5 - 51,5	43	51

Deska P1 (550 °C) - Schmidtův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20 \%$	$\phi_{\text{nový}}$	fbe
[E,1]	47	38	44	42	47	43	40	44	46	47	44	35,5 - 52,5	44	52
[E,2]	52	44	40	44	41	39	49	41	51	40	44	35,5 - 52,5	44	52
[E,3]	39	40	45	43	43	41	42	40	43	41	42	34,0 - 50,0	42	49
[E,4]	49	42	41	40	42	49	46	39	40	42	43	34,5 - 51,5	43	51
[E,5]	41	42	44	41	44	45	41	47	50	39	43	34,5 - 51,5	43	51
[E,6]	40	44	45	42	40	39	38	43	42	42	42	34,0 - 50,0	42	49
[E,7]	43	48	40	41	38	47	47	39	41	40	42	34,0 - 50,0	42	49
[E,8]	47	39	38	45	42	44	40	50	47	42	43	34,5 - 51,5	43	51
[E,9]	42	42	51	41	42	40	40	40	48	43	43	34,5 - 51,5	43	51
[E,10]	42	40	50	46	42	46	42	50	44	44	45	36,0 - 54,0	45	54
[E,11]	42	52	39	44	54	42	49	44	41	43	45	36,0 - 54,0	45	54
[E,12]	39	39	37	44	47	39	42	41	42	39	41	33,0 - 49,0	41	47

Deska P1 (550 °C) - Schmidtův tvrdoměr typu N															
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %	φ _{nový}	f _{be}	
[F,1]	46	44	37	39	44	43	44	43	40	40	42	34,0 - 50,0	42	49	
[F,2]	44	56	46	42	41	41	56	45	50	42	46	37,0 - 55,0	44	52	
[F,3]	42	51	50	53	47	42	48	48	42	43	47	38,0 - 56,0	47	58	
[F,4]	46	43	44	42	48	40	43	44	50	42	44	35,5 - 52,5	44	52	
[F,5]	42	40	41	40	49	45	44	42	42	39	42	34,0 - 50,0	42	49	
[F,6]	46	42	42	43	46	50	51	40	50	44	45	36,0 - 54,0	45	54	
[F,7]	42	42	44	42	50	52	42	52	45	40	45	36,0 - 54,0	45	54	
[F,8]	46	46	48	42	54	42	42	48	42	50	46	37,0 - 55,0	46	56	
[F,9]	44	44	41	40	43	39	41	42	40	41	42	34,0 - 50,0	42	49	
[F,10]	42	48	41	48	42	40	40	45	41	44	43	34,5 - 51,5	43	51	
[F,11]	45	46	43	42	45	45	41	42	40	42	43	34,5 - 51,5	43	51	
[F,12]	43	41	47	40	43	44	43	42	41	39	42	34,0 - 50,0	42	49	

Deska P1 (550 °C) - Schmidtův tvrdoměr typu N																
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %		φ _{nový}	f _{be}	
[G,1]	42	35	47	43	46	39	46	48	47	50	44	35,5 - 52,5	45	54		
[G,2]	46	48	48	50	53	49	46	46	43	41	47	38,0 - 56,0	47	58		
[G,3]	51	42	44	41	38	40	40	42	45	45	43	34,5 - 51,5	43	51		
[G,4]	48	46	46	47	44	44	40	41	42	38	44	35,5 - 52,5	44	52		
[G,5]	41	44	45	41	49	40	38	44	43	40	43	34,5 - 51,5	43	51		
[G,6]	48	45	43	44	43	43	52	43	44	45	45	36,0 - 54,0	45	54		
[G,7]	41	47	40	39	39	48	42	34	38	41	41	33,0 - 49,0	41	47		
[G,8]	46	43	42	45	45	40	45	41	47	47	44	35,5 - 52,5	44	52		
[G,9]	38	44	48	36	45	43	39	39	44	46	42	34,0 - 50,0	42	49		
[G,10]	46	44	46	42	34	47	49	42	46	45	44	35,5 - 52,5	45	54		
[G,11]	44	45	41	43	43	43	45	41	51	39	44	35,5 - 52,5	44	52		
[G,12]	34	40	36	39	42	40	44	44	42	41	40	32,0 - 48,0	40	46		

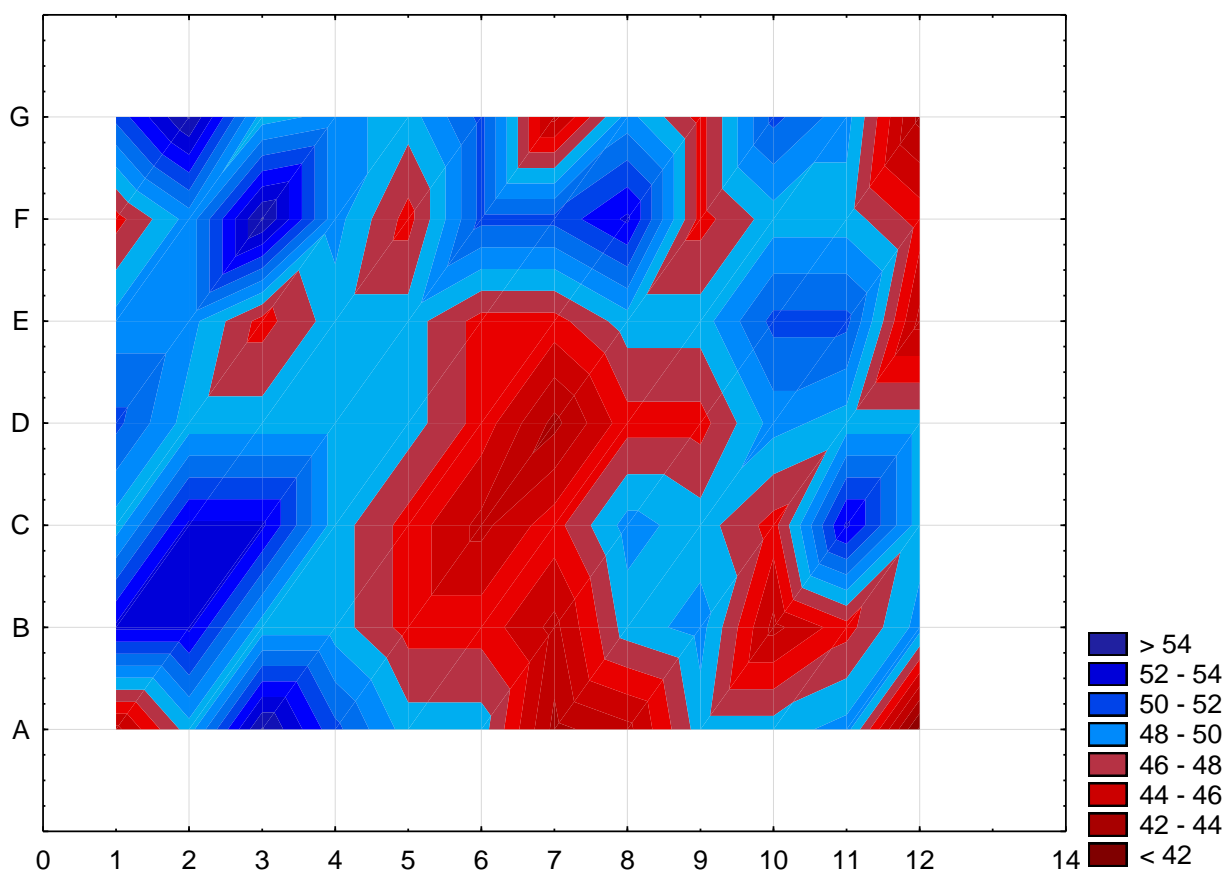
Tabulka hodnot f_{be} [MPa] desky P1 (550 °C)							
Body	A	B	C	D	E	F	G
1	44,7	53,2	48,5	51,3	49,4	46,6	51,3
2	48,5	53,2	53,2	48,5	49,4	49,4	55,1
3	55,1	48,5	53,2	48,5	46,6	55,1	48,5
4	51,3	48,5	48,5	48,5	48,5	49,4	49,4
5	48,5	46,6	46,6	48,5	48,5	46,6	48,5
6	48,5	46,6	44,7	46,6	46,6	51,3	51,3
7	43,7	44,7	46,6	43,7	46,6	51,3	44,7
8	44,7	48,5	49,4	46,6	48,5	53,2	49,4
9	48,5	49,4	48,5	46,6	48,5	46,6	46,6
10	48,5	44,7	46,6	49,4	51,3	48,5	51,3
11	49,4	46,6	53,2	48,5	51,3	48,5	49,4
12	41,8	49,4	48,5	48,5	44,7	46,6	43,7

Pro zpřesnění výsledku pevnosti betonu v tlaku se musí každá hodnota f_{be} vynásobit součinitelem α_h zohledňujícím stáří betonu a součinitelem α_w zohledňujícím vlhkost betonu.

α_h	0,95
α_w	1,00

Průměr	48,52
Směrodatná odchylka	2,73
Variační Koefficient	5,63

Graf f_{be} pro desku P1 (550 °C) - Schmidt Normal [MPa]



Vyhodnocení podle tvrdoměru SilverSchmidt L

Deska P1 (550 °C) -SilverSchmidt typ L															
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %		φnový	f _{be}
[A,1]	60,5	60,5	69	64	64,5	58	54,5	64	56	65	62	50,0	- 74,0	62	101
[A,2]	60,5	54,5	62,5	58,5	48,5	60	54,5	59	62	57	58	46,5	- 69,5	58	78
[A,3]	59	66,5	62	58	52,5	58,5	64	58	55,5	60,5	59	47,5	- 70,5	59	83
[A,4]	49	63,5	67	55,5	55	61,5	65	58,5	60,5	57	59	47,5	- 70,5	59	83
[A,5]	54	55	64,5	62	55	60,5	61	60,5	49,5	58	58	46,5	- 69,5	58	78
[A,6]	61	55	59,5	62	59	60,5	64,5	54	51,5	63	59	47,5	- 70,5	59	83
[A,7]	52	43	57	58,5	63	59	44	50	58	47	53	42,5	- 63,5	53	57
[A,8]	58,5	60	47,5	58	57,5	59	60,5	58	52,5	55,5	57	46,0	- 68,0	57	73
[A,9]	59	53,5	61,5	56,5	60,5	62,5	54	55	53,5	60	58	46,5	- 69,5	58	78
[A,10]	55,5	60	61,5	60,5	59	59	59,5	55,5	61	65	60	48,0	- 72,0	60	89
[A,11]	58	61,5	69	65,5	65,5	61	56	61,5	59	65	62	50,0	- 74,0	62	101
[A,12]	59	65,5	56	59	56	59,5	58,5	59	47,5	59,5	58	46,5	- 69,5	58	78

Deska P1 (550 °C) -SilverSchmidt typ L																
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %		φnový	fbe	
[B,1]	60	55,5	60	61,5	61	67	55	63	71	61,5	62	50,0	-	74,0	62	101
[B,2]	65	64,5	61	56,5	59,5	60	69,5	59,5	57	69,5	62	50,0	-	74,0	62	101
[B,3]	60,5	66,5	50,5	59	52,5	53,5	60	54	59	57	57	46,0	-	68,0	57	73
[B,4]	59,5	55,5	55	52,5	56	54,5	58,5	54,5	54,5	56,5	56	45,0	-	67,0	56	69
[B,5]	57	57	56	56	55,5	57	62,5	57	66	48,5	57	46,0	-	68,0	57	73
[B,6]	52	55	64,5	57	51,5	59	55,5	57	56	58	57	46,0	-	68,0	57	73
[B,7]	57,5	53,5	61,5	58	56	58,5	60,5	58	59,5	56	58	46,5	-	69,5	58	78
[B,8]	51	61,5	59	56	57,5	61,5	62	56	54,5	58,5	58	46,5	-	69,5	58	78
[B,9]	59	59,5	51,5	63	56	59,5	55,5	53,5	52	50	56	45,0	-	67,0	56	69
[B,10]	53,5	55,5	56,5	52	54,5	60	58	59,5	50,5	56	56	45,0	-	67,0	56	69
[B,11]	56	59,5	61	58	59,5	56,5	57	64	58	55,5	59	47,5	-	70,5	59	83
[B,12]	50	55,5	61	60,5	61	60	61	62,5	58,5	64	59	47,5	-	70,5	59	83

Deska P1 (550 °C) -SilverSchmidt typ L																
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %		φnový	fbe	
[C,1]	56,5	59,5	58,5	65,5	57	55	61	56,5	60	60	59	47,5	-	70,5	59	83
[C,2]	59,5	56,5	57,5	62,5	58,5	65	59	55,5	56	61,5	59	47,5	-	70,5	59	83
[C,3]	62	63	61,5	55	63,5	58	57,5	57,5	57	58	59	47,5	-	70,5	59	83
[C,4]	55	57	56	53,5	53	55	55	57,5	55,5	46	54	43,5	-	64,5	54	60
[C,5]	58	55	55	60	55	56	52	54,5	52,5	54,5	55	44,0	-	66,0	55	64
[C,6]	52	54,5	50	51	51	57	53,5	53,5	54,5	53	53	42,5	-	63,5	53	57
[C,7]	53	56	50,5	61	57,5	48	53,5	51	50,5	59,5	54	43,5	-	64,5	54	60
[C,8]	47,5	52	56,5	57	54	51,5	56,5	58	62	57,5	55	44,0	-	66,0	55	64
[C,9]	56,5	59,5	52,5	53,5	54	46,5	53	50,5	57	48,5	53	42,5	-	63,5	53	57
[C,10]	57	57,5	55	53	54,5	55,5	56	53,5	55	52	55	44,0	-	66,0	55	64
[C,11]	60,5	54	58,5	53,5	54	50	59	57	58	50	55	44,0	-	66,0	55	64
[C,12]	56,5	57,5	64,5	50,5	56,5	59,5	56,5	59,5	57	53,5	57	46,0	-	68,0	57	73

Deska P1 (550 °C) -SilverSchmidt typ L																
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %		φ _{nový}	f _{be}	
[D,1]	62	51	64,5	57,5	58	61	60	59,5	60	58	59	47,5	-	70,5	59	83
[D,2]	54	62,5	56,5	57,5	59,5	58,5	60,5	57,5	58	64,5	59	47,5	-	70,5	59	83
[D,3]	57,5	59	61,5	56,5	58,5	58	55,5	56,5	60	57,5	58	46,5	-	69,5	58	78
[D,4]	51,5	53	58	53	51,5	59	56	59	54,5	55	55	44,0	-	66,0	55	64
[D,5]	55	55	47,5	50,5	46,5	52	51	52,5	49,5	53	51	41,0	-	61,0	51	50
[D,6]	47,5	53	54,5	56,5	58	50	45,5	50	53,5	54,5	52	42,0	-	62,0	52	53
[D,7]	46,5	53	54,5	56,4	58	50	45,5	50	53,5	54,5	52	42,0	-	62,0	52	53
[D,8]	54	51	53	52	54,5	51	52	52,5	50	55,5	53	42,5	-	63,5	53	57
[D,9]	57	56,5	60,5	54,5	58	53,5	59,5	54,5	57	54,5	57	46,0	-	68,0	57	73
[D,10]	57	53,5	54	57,5	48	62	50	56	53,5	55,5	55	44,0	-	66,0	55	64
[D,11]	55,5	56	61	57,5	55,5	52,5	63,5	55,5	55,5	59	57	46,0	-	68,0	57	73
[D,12]	57	62	59,5	60,5	60	58,5	57,5	55	52,5	62,5	59	47,5	-	70,5	59	83

Deska P1 (550 °C) -SilverSchmidt typ L														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	fbe
[E,1]	56	62	53,5	57	59	60	54,5	68	60,5	59,5	59	47,5 - 70,5	59	83
[E,2]	53,5	61,5	58,5	57,5	59,5	56,5	52	59,5	57	54	57	46,0 - 68,0	57	73
[E,3]	54	59,5	57	53	53	59,5	56,5	58,5	56	61	57	46,0 - 68,0	57	73
[E,4]	56	61	57,5	58	57	56,5	55	50,5	56,5	52,5	56	45,0 - 67,0	56	69
[E,5]	54,5	56,5	56,5	53,5	52,5	56	56,5	54,5	56	55,5	55	44,0 - 66,0	55	64
[E,6]	53	49,5	53	56,5	49,5	56,5	56,5	56	51,5	58,5	54	43,5 - 64,5	54	60
[E,7]	55	56,5	56	53,5	46,5	53,5	49	56	51,5	58	54	43,5 - 64,5	54	60
[E,8]	53	54	55	53	55	53	52	54,5	55,5	57	54	43,5 - 64,5	54	60
[E,9]	56	55,5	58,5	58	63	54	52,5	54,5	52	61	57	46,0 - 68,0	57	73
[E,10]	53,5	59	54,5	56,5	55	57	53,5	57,5	55,5	54,5	56	45,0 - 67,0	56	69
[E,11]	53	53,5	56,5	55	57	52,5	57,5	56	51	53,5	55	44,0 - 66,0	55	64
[E,12]	57	53,5	57	56,5	58,5	50	58	50,5	54,5	54,5	55	44,0 - 66,0	55	64

Deska P1 (550 °C) -SilverSchmidt typ L														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	fbe
[F,1]	51,5	58,5	53	58	60	58	66	51	52	53	56	45,0 - 67,0	56	69
[F,2]	56	52,5	57,5	64	57	58,5	64,5	53	60	55	58	46,5 - 69,5	58	78
[F,3]	58	60	58	57,5	54,5	55	52	55	53	50,5	55	44,0 - 66,0	55	64
[F,4]	55	62	61	62,5	55	56,5	61,5	57	59,5	57	59	47,5 - 70,5	59	83
[F,5]	54,5	53,5	55	60,5	57	54	61,5	50	62,5	62	57	46,0 - 68,0	57	73
[F,6]	55,5	53,5	59,5	61	54	53,5	57,5	58,5	62,5	54,5	57	46,0 - 68,0	57	73
[F,7]	57,5	54	54	56,5	57,5	57	59,5	61	56,5	56,5	57	46,0 - 68,0	57	73
[F,8]	56	55	55	51,5	53	52,5	58,5	58,5	55,5	58	55	44,0 - 66,0	55	64
[F,9]	53	53,5	49	56,5	52	50,5	47,5	56	54	50	52	42,0 - 62,0	52	53
[F,10]	54	56,5	59	54,5	55	49,5	53,5	52,5	57,5	54	55	44,0 - 66,0	55	64
[F,11]	58,5	59	59	54	54	58	56	52	56	53	56	45,0 - 67,0	56	69
[F,12]	57,5	58,5	57	55,5	56,5	57	58	64	53,5	54	57	46,0 - 68,0	57	73

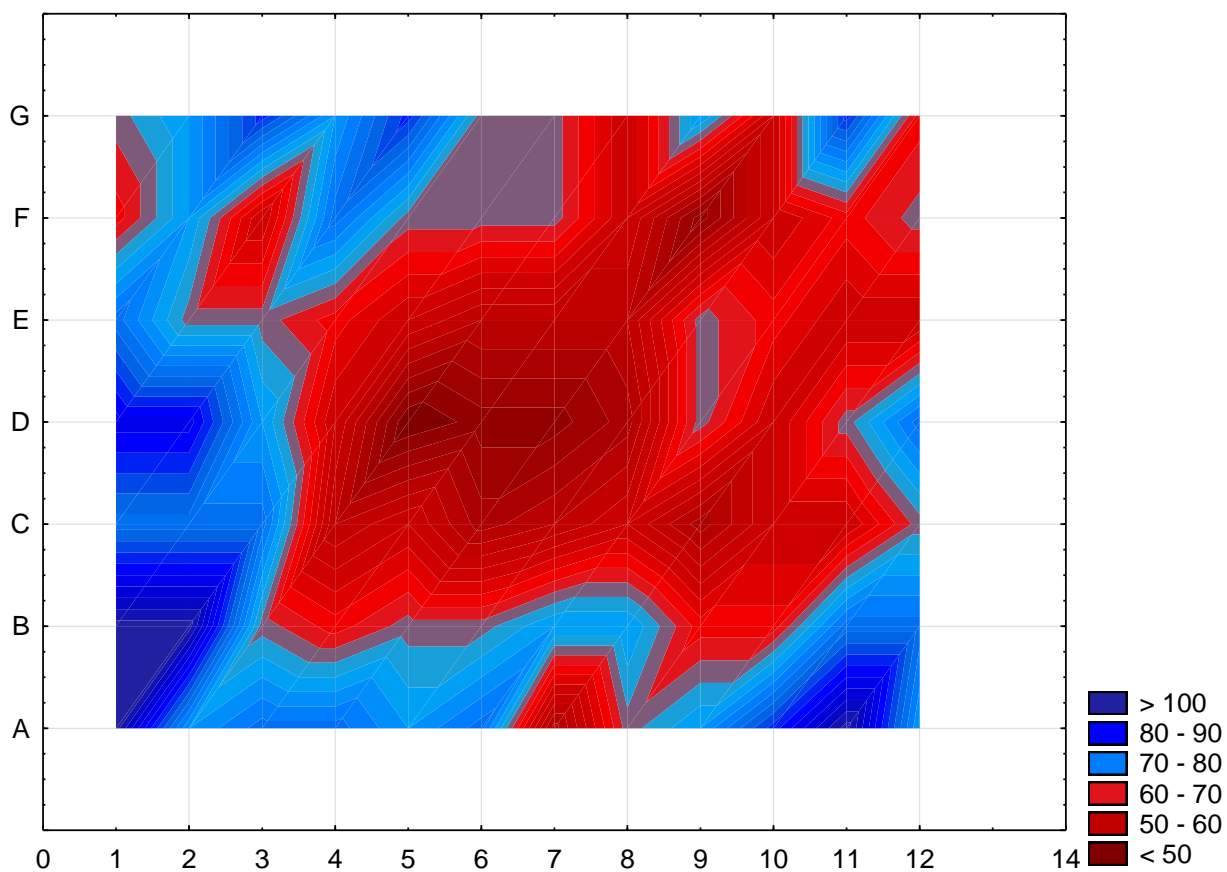
Deska P1 (550 °C) -SilverSchmidt typ L														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	fbe
[G,1]	55	56	56	63,5	53	54,5	53	63	55,5	60	57	46,0 - 68,0	57	73
[G,2]	53,5	58,5	63,5	64	53	57,5	57	59	58,5	54,5	58	46,5 - 69,5	58	78
[G,3]	50,5	62	60	64,5	61	68,5	58,5	55,5	56	60	60	48,0 - 72,0	60	89
[G,4]	52	58	62	58	56,5	64	58	57,5	57	53,5	58	46,5 - 69,5	58	78
[G,5]	53,5	65,5	53	64,5	67	62,5	61,5	59,5	61	55	60	48,0 - 72,0	60	89
[G,6]	57,5	56,5	57,5	55,5	58	61,5	51,5	58	59,5	56,5	57	46,0 - 68,0	57	73
[G,7]	54,5	57,5	56	43,5	60	54,5	56	55,5	59,5	56	55	44,0 - 66,0	57	73
[G,8]	58,5	54	58	55,5	56,5	57,5	55	44,5	60,5	51,5	55	44,0 - 66,0	55	64
[G,9]	54,5	68,5	58,5	56,5	55,5	59	55	62,5	56	53	58	46,5 - 69,5	58	78
[G,10]	55	55	46,5	58,5	55,5	62,5	52,5	51,5	54,5	55,5	55	44,0 - 66,0	55	64
[G,11]	61	56,5	59	56,5	59,5	57,5	60	56	67	67,5	60	48,0 - 72,0	60	89
[G,12]	60	55	57	58	56	51,5	57	51	58,5	56,5	56	45,0 - 67,0	56	69

Tabulka hodnot f_{be} [MPa] desky P1 (550 °C)							
Body	A	B	C	D	E	F	G
1	101	101	83	83	83	69	73
2	78	101	83	83	73	78	78
3	83	73	83	78	73	64	89
4	83	69	60	64	69	83	78
5	78	73	64	50	64	73	89
6	83	73	57	53	60	73	73
7	57	78	60	53	60	73	73
8	73	78	64	57	60	64	64
9	78	69	57	73	73	53	78
10	89	69	64	64	69	64	64
11	101	83	64	73	64	69	89
12	78	83	73	83	64	73	69

Hodnota f_{be} pevnosti v tlaku
s nezaručenou přesností se pro
SilverSchmidt L určí ze vztahu
 $f_{be} = 1,9368e^{0,0637x}$
kde x je v tabulce značená jako $\phi_{nový}$.

Průměr	72,90
Směrodatná odchylka	11,10
Variační Koefficient	15,22

Graf f_{be} pro desku P1 (550 °C) - SilverSchmidt [MPa]



PŘÍLOHA B – VYHODNOCENÍ DESKY P2 (600 °C)

Vyhodnocení podle Schmidtova tvrdoměru N

Deska P2 (600 °C) - Schmidův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	f_{be}
[A,1]	49	44	34	41	39	41	39	49	39	37	41	33,0 - 49,0	41	47
[A,2]	57	43	41	45	43	43	43	43	47	39	44	35,5 - 52,5	43	51
[A,3]	50	44	42	43	47	42	40	46	44	45	44	35,5 - 52,5	44	52
[A,4]	45	44	47	45	38	44	43	42	42	44	43	34,5 - 51,5	43	51
[A,5]	44	46	38	45	39	43	42	45	47	46	44	35,5 - 52,5	44	52
[A,6]	46	44	37	45	42	39	46	44	43	44	43	34,5 - 51,5	43	51
[A,7]	41	38	41	39	47	43	42	44	50	51	44	35,5 - 52,5	44	52
[A,8]	41	43	51	48	37	39	44	35	48	40	43	34,5 - 51,5	43	51
[A,9]	44	43	39	46	44	34	44	37	39	42	41	33,0 - 49,0	41	47
[A,10]	39	43	41	43	39	49	41	45	48	46	43	34,5 - 51,5	43	51
[A,11]	41	49	42	47	43	53	47	44	41	45	45	36,0 - 54,0	45	54
[A,12]	33	36	40	41	52	45	51	43	50	40	43	34,5 - 51,5	43	51

Deska P2 (600 °C) - Schmidův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	f_{be}
[B,1]	41	51	43	52	44	43	43	44	43	42	45	36,0 - 54,0	45	54
[B,2]	39	39	44	43	48	46	44	39	51	49	44	35,5 - 52,5	44	52
[B,3]	42	43	41	41	42	47	41	44	44	43	43	34,5 - 51,5	43	51
[B,4]	43	38	42	43	42	46	44	41	41	47	43	34,5 - 51,5	43	51
[B,5]	41	39	40	40	39	41	47	39	39	41	41	33,0 - 49,0	41	47
[B,6]	45	42	41	39	41	38	37	42	47	41	41	33,0 - 49,0	41	47
[B,7]	46	42	41	39	41	38	37	42	47	41	41	33,0 - 49,0	41	47
[B,8]	48	42	43	42	42	38	40	40	49	44	43	34,5 - 51,5	43	51
[B,9]	42	43	38	40	47	42	41	42	40	40	42	34,0 - 50,0	42	49
[B,10]	40	41	41	40	40	44	41	41	43	44	42	34,0 - 50,0	42	49
[B,11]	40	40	42	46	44	44	40	41	42	43	42	34,0 - 50,0	42	49
[B,12]	44	40	40	39	40	41	45	38	37	42	41	33,0 - 49,0	41	47

Deska P2 (600 °C) - Schmidtův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20 \%$	$\phi_{\text{nový}}$	f _{be}
[C,1]	42	40	41	49	49	43	40	39	43	39	43	34,5 - 51,5	43	51
[C,2]	46	37	44	40	47	48	43	40	40	44	43	34,5 - 51,5	43	51
[C,3]	39	40	43	42	44	44	40	44	43	39	42	34,0 - 50,0	42	49
[C,4]	41	47	41	40	39	41	43	44	47	40	42	34,0 - 50,0	42	49
[C,5]	42	43	42	44	40	38	36	41	41	40	41	33,0 - 49,0	41	47
[C,6]	34	38	41	40	38	42	37	38	40	36	38	30,5 - 45,5	38	42
[C,7]	40	40	40	41	39	37	40	38	39	42	40	32,0 - 48,0	40	46
[C,8]	35	40	43	40	39	38	39	40	40	46	40	32,0 - 48,0	40	46
[C,9]	41	43	40	43	40	47	40	50	47	46	44	35,5 - 52,5	44	52
[C,10]	44	40	41	44	47	40	45	41	42	39	42	34,0 - 50,0	42	49
[C,11]	49	43	47	42	40	43	42	40	42	38	43	34,5 - 51,5	43	51
[C,12]	52	48	48	46	41	38	47	49	43	43	46	37,0 - 55,0	46	56

Deska P2 (600 °C) - Schmidtův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20 \%$	$\phi_{\text{nový}}$	f _{be}
[D,1]	46	43	39	38	46	46	43	39	43	48	43	34,5 - 51,5	43	51
[D,2]	44	44	47	49	50	45	43	51	44	46	46	37,0 - 55,0	46	56
[D,3]	40	40	41	42	48	43	40	44	47	43	43	34,5 - 51,5	43	51
[D,4]	40	40	41	51	41	40	40	41	42	40	42	34,0 - 50,0	41	47
[D,5]	41	40	41	43	42	45	40	44	41	47	42	34,0 - 50,0	42	49
[D,6]	45	44	43	46	42	42	46	47	49	47	45	36,0 - 54,0	45	54
[D,7]	43	42	39	41	42	42	42	43	41	40	42	34,0 - 50,0	42	49
[D,8]	40	40	40	40	39	48	41	45	39	41	41	33,0 - 49,0	41	47
[D,9]	41	40	43	40	40	47	41	45	49	41	43	34,5 - 51,5	43	51
[D,10]	45	41	47	40	39	43	40	40	43	47	43	34,5 - 51,5	43	51
[D,11]	41	42	41	42	40	45	44	48	45	44	43	34,5 - 51,5	43	51
[D,12]	39	42	47	40	45	47	45	42	49	40	44	35,5 - 52,5	44	52

Deska P2 (600 °C) - Schmidtův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20 \%$	$\phi_{\text{nový}}$	f _{be}
[E,1]	42	48	45	45	44	42	48	39	46	46	45	36,0 - 54,0	45	54
[E,2]	45	45	49	45	44	49	44	43	49	43	46	37,0 - 55,0	46	56
[E,3]	45	44	55	47	44	43	44	44	44	45	46	37,0 - 55,0	46	56
[E,4]	44	42	45	44	45	41	40	43	45	43	43	34,5 - 51,5	43	51
[E,5]	46	47	45	42	43	47	41	48	43	40	44	35,5 - 52,5	44	52
[E,6]	41	41	42	39	45	42	44	41	42	41	42	34,0 - 50,0	42	49
[E,7]	47	42	42	43	45	41	50	48	45	40	44	35,5 - 52,5	44	52
[E,8]	42	40	45	44	43	40	42	43	42	43	42	34,0 - 50,0	42	49
[E,9]	46	47	45	43	42	45	46	42	40	43	44	35,5 - 52,5	44	52
[E,10]	40	43	40	44	43	40	44	50	45	41	43	34,5 - 51,5	43	51
[E,11]	40	43	45	48	49	47	44	40	46	44	45	36,0 - 54,0	45	54
[E,12]	43	40	40	43	49	46	46	43	44	46	44	35,5 - 52,5	44	52

Deska P2 (600 °C) - Schmidtův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20 \%$	$\phi_{\text{nový}}$	f_{be}
[F,1]	43	44	39	45	45	44	44	47	38	40	43	34,5 - 51,5	43	51
[F,2]	40	42	45	48	49	45	42	44	42	43	44	35,5 - 52,5	44	52
[F,3]	43	46	44	42	42	41	41	49	44	44	44	35,5 - 52,5	44	52
[F,4]	41	46	43	44	47	44	44	44	49	43	45	36,0 - 54,0	45	54
[F,5]	40	40	39	41	42	40	41	40	42	42	41	33,0 - 49,0	41	47
[F,6]	48	47	44	42	46	46	44	42	52	47	46	37,0 - 55,0	46	56
[F,7]	45	42	40	42	42	42	41	45	51	41	43	34,5 - 51,5	43	51
[F,8]	41	43	43	49	44	42	43	49	45	41	44	35,5 - 52,5	44	52
[F,9]	40	46	52	42	47	52	43	48	44	46	46	37,0 - 55,0	46	56
[F,10]	43	56	43	47	45	41	45	49	41	44	45	36,0 - 54,0	44	52
[F,11]	43	47	52	40	43	45	45	42	48	50	46	37,0 - 55,0	46	56
[F,12]	52	44	44	41	44	39	40	49	44	42	44	35,5 - 52,5	44	52

Deska P2 (600 °C) - Schmidtův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20 \%$	$\phi_{\text{nový}}$	f_{be}
[G,1]	42	42	40	39	40	39	40	45	40	41	41	33,0 - 49,0	41	47
[G,2]	43	43	41	42	43	49	48	47	45	43	44	35,5 - 52,5	44	52
[G,3]	48	45	48	44	47	45	49	50	47	46	47	38,0 - 56,0	47	58
[G,4]	38	40	40	41	45	39	45	42	37	41	41	33,0 - 49,0	41	47
[G,5]	44	44	43	46	43	50	45	45	44	47	45	36,0 - 54,0	45	54
[G,6]	42	41	43	44	47	37	43	44	49	41	43	34,5 - 51,5	43	51
[G,7]	44	46	48	45	43	41	50	48	47	54	47	38,0 - 56,0	47	58
[G,8]	45	50	41	43	45	44	43	44	45	49	45	36,0 - 54,0	45	54
[G,9]	43	47	42	44	45	47	45	44	39	39	44	35,5 - 52,5	44	52
[G,10]	43	53	49	42	55	49	43	47	40	44	47	38,0 - 56,0	47	58
[G,11]	44	41	45	45	42	40	43	51	48	43	44	35,5 - 52,5	44	52
[G,12]	42	38	41	41	39	42	41	38	39	39	40	32,0 - 48,0	40	46

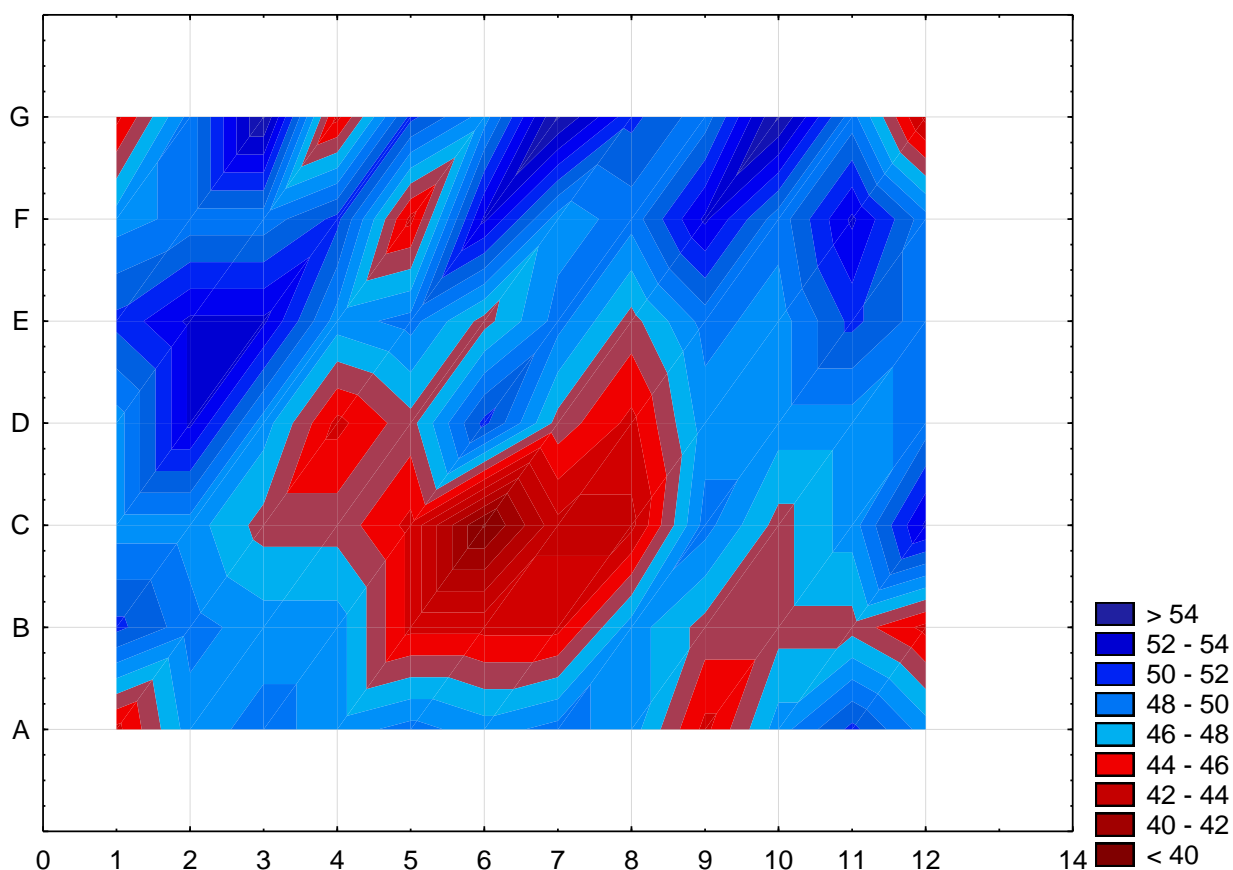
Tabulka hodnot f_{be} [MPa] desky P2 (600 °C)							
Body	A	B	C	D	E	F	G
1	44,7	51,3	48,5	48,5	51,3	48,5	44,7
2	48,5	49,4	48,5	53,2	53,2	49,4	49,4
3	49,4	48,5	46,6	48,5	53,2	49,4	55,1
4	48,5	48,5	46,6	44,7	48,5	51,3	44,7
5	49,4	44,7	44,7	46,6	49,4	44,7	51,3
6	48,5	44,7	39,9	51,3	46,6	53,2	48,5
7	49,4	44,7	43,7	46,6	49,4	48,5	55,1
8	48,5	48,5	43,7	44,7	46,6	49,4	51,3
9	44,7	46,6	49,4	48,5	49,4	53,2	49,4
10	48,5	46,6	46,6	48,5	48,5	49,4	55,1
11	51,3	46,6	48,5	48,5	51,3	53,2	49,4
12	48,5	44,7	53,2	49,4	49,4	49,4	43,7

Pro zpřesnění výsledku pevnosti betonu v tlaku se musí každá hodnota f_{be} vynásobit součinitelem α_h zohledňujícím stáří betonu a součinitelem α_w zohledňujícím vlhkost betonu.

α_h	0,95
α_w	1,00

Průměr	48,52
Směrodatná odchylka	2,93
Variační Koefficient	6,04

Graf f_{be} pro desku P2 (600 °C) - Schmidt Normal [MPa]



Vyhodnocení podle tvrdoměru SilverSchmidt L

Deska P2 (600 °C) -SilverSchmidt typ L																
Bod	Hodnota odrazu											φ	±20 %		φnový	fber
[A,1]	55	61,5	55	59,5	55	52	52,5	59,5	61,5	57	57	46,0	-	68,0	57	73
[A,2]	59,5	54,5	61,5	58	61,5	58,5	59,5	54,5	58	63	59	47,5	-	70,5	59	83
[A,3]	54	60	49,5	52	44	51,5	54,5	62	51,5	60,5	54	43,5	-	64,5	54	60
[A,4]	54	52,5	69,5	58,5	59,5	53,5	45	54	53	61	56	45,0	-	67,0	55	64
[A,5]	57	56,5	62	58,5	55	58,5	54	52,5	58,5	51,5	56	45,0	-	67,0	56	69
[A,6]	58	61	58	62	59,5	46,5	50	58,5	58	53	56	45,0	-	67,0	56	69
[A,7]	59	57	52,5	55	61,5	56,5	57	62,5	58,5	56	58	46,5	-	69,5	58	78
[A,8]	57	56,5	58	52,5	57	54	55	62	52	60	56	45,0	-	67,0	56	69
[A,9]	58,5	57	61	61	66	51,5	54,5	58,5	58	58	58	46,5	-	69,5	58	78
[A,10]	69,5	65	59	56	50,5	55	56,5	55,5	56	53,5	58	46,5	-	69,5	58	78
[A,11]	59	53	59,5	59	54,5	63	57	64	58,5	53,5	58	46,5	-	69,5	58	78
[A,12]	56,5	62	62,5	59	56,5	46	54,5	54	58	61,5	57	46,0	-	68,0	57	73

Deska P2 (600 °C) -SilverSchmidt typ L																
Bod	Hodnota odrazu											ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	f _{be}	
[B,1]	55	56,5	52,5	61,5	61	53,5	57	59	54,5	58	57	46,0	- 68,0	57	73	
[B,2]	59	66	58	62	63,5	56,5	56,5	58	59	55	59	47,5	- 70,5	59	83	
[B,3]	55	58,5	52,5	52	50	57	54,5	58,5	57	58	55	44,0	- 66,0	55	64	
[B,4]	55,5	56,5	62	55	51,5	51,5	59,5	57	51	54,5	55	44,0	- 66,0	55	64	
[B,5]	49,5	56	47,5	62,5	54,5	53	51	53,5	54	53,5	54	43,5	- 64,5	54	60	
[B,6]	56	54	52,5	49,5	47,5	50,5	56	48	52	53,5	52	42,0	- 62,0	52	53	
[B,7]	49	58,5	56	51	51	53,5	54	52	47,5	50	52	42,0	- 62,0	52	53	
[B,8]	55,5	47	56,5	53,5	52,5	55,5	56	58,5	52,5	51,5	54	43,5	- 64,5	54	60	
[B,9]	49	56	56	51,5	50	54	59	56,5	48	49,5	53	42,5	- 63,5	53	57	
[B,10]	57,5	51,5	55,5	57	54,5	56,5	51	56	56,5	54,5	55	44,0	- 66,0	55	64	
[B,11]	57,5	56,5	57,5	58	54,5	54	61,5	55	57,5	59,5	57	46,0	- 68,0	57	73	
[B,12]	56	57,5	58,5	60	56	59,5	54,5	58	56,5	55	57	46,0	- 68,0	57	73	

Deska P2 (600 °C) -SilverSchmidt typ L																
Bod	Hodnota odrazu											ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	f _{be}	
[C,1]	57,5	58,5	54	54	58,5	56,5	58,5	55	55	57	56	45,0	- 67,0	56	69	
[C,2]	60,5	55,5	55,5	62,5	56,5	56,5	52,5	56	58	58,5	57	46,0	- 68,0	57	73	
[C,3]	57	55,5	58	57	47,5	57,5	52	51,5	54,5	51	54	43,5	- 64,5	54	60	
[C,4]	54,5	47,5	41,5	53	53,5	53,5	55,5	53,5	56,5	62	53	42,5	- 63,5	54	60	
[C,5]	53	51	48,5	52	51	46	50	55,5	49	51	51	41,0	- 61,0	51	50	
[C,6]	45,5	48	49	42,5	41,5	43,5	51	49,5	51,5	52,5	47	38,0	- 56,0	47	39	
[C,7]	52,5	48	51	48	52	53	52,5	44	49	42	49	39,5	- 58,5	49	44	
[C,8]	48,5	53,5	51	53	59,5	54	56	48	58,5	56	54	43,5	- 64,5	54	60	
[C,9]	59,5	52,5	54,5	59,5	53,5	58	58,5	55	65	55	57	46,0	- 68,0	57	73	
[C,10]	54	52,5	58	55	54	54,5	52	51,5	60	49,5	54	43,5	- 64,5	54	60	
[C,11]	58,5	52,5	56	57,5	53	55	60	57	55	58	56	45,0	- 67,0	56	69	
[C,12]	69,5	56	56,5	58	53	58,5	55	55,5	59,5	60,5	58	46,5	- 69,5	58	78	

Deska P2 (600 °C) -SilverSchmidt typ L																
Bod	Hodnota odrazu											ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	f _{be}	
[D,1]	55	54,5	53,5	53	54	56,5	54,5	60	60,5	50	55	44,0	- 66,0	55	64	
[D,2]	62	60	54,5	48	57	52	56,5	59,5	52,5	52,5	55	44,0	- 66,0	55	64	
[D,3]	46,5	52	56	53	56,5	56,5	47	54,5	56	55	53	42,5	- 63,5	53	57	
[D,4]	48	52,5	54,5	54	51,5	50,4	56,5	53,5	55,5	54	53	42,5	- 63,5	53	57	
[D,5]	54,5	47	52,5	49,5	48,5	51	46,5	52	55,5	51,5	51	41,0	- 61,0	51	50	
[D,6]	49,5	48	51,5	50,5	52,5	53	51,5	57,5	53	45	51	41,0	- 61,0	51	50	
[D,7]	50	37	45,5	39	51	51,5	52,5	57	40,5	41,5	47	38,0	- 56,0	46	36	
[D,8]	44	55	51,5	46	49	51	51	51,5	49,5	52	50	40,0	- 60,0	50	47	
[D,9]	55	53	51,5	54	54,5	55,5	55,5	52	52	57	54	43,5	- 64,5	54	60	
[D,10]	57	57	58	50,5	42,5	49,5	55	49	54,5	55,5	53	42,5	- 63,5	53	57	
[D,11]	55	56,5	56	60,5	49,5	54,5	54	48,5	60	55,5	55	44,0	- 66,0	55	64	
[D,12]	56	52,5	58	51,5	58	58,5	55	56	53	56	55	44,0	- 66,0	55	64	

Deska P2 (600 °C) -SilverSchmidt typ L															
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %		φ _{nový}	f _{be}
[E,1]	59	60	57	50,5	56,5	46,5	49	59	61,5	57,5	56	45,0 - 67,0	56	69	
[E,2]	58,5	54,5	57	56,5	54,5	56	61,5	55,5	59,5	56,5	57	46,0 - 68,0	57	73	
[E,3]	51,5	54	54,5	53	50	55,5	55,5	53	50	49	53	42,5 - 63,5	53	57	
[E,4]	51	54,5	54	55	57,5	47	52	55,5	54	54,5	54	43,5 - 64,5	54	60	
[E,5]	50	54,5	50	55,5	54,5	50	53	53,5	50	55,5	53	42,5 - 63,5	53	57	
[E,6]	49	51,5	56	54,5	57,5	47	53	60	55,5	48,5	53	42,5 - 63,5	53	57	
[E,7]	55	53	43	53	53	55	49,5	54	53	51	52	42,0 - 62,0	52	53	
[E,8]	52	48,5	51	57	58	52	68	60	54,5	61,5	56	45,0 - 67,0	55	64	
[E,9]	49,5	53	57	55,5	52	52	51	51	53	55,5	53	42,5 - 63,5	53	57	
[E,10]	57,5	55	47,5	53,5	52	52,5	51,5	55	53	55,5	53	42,5 - 63,5	53	57	
[E,11]	54,5	54	57	51,5	55,5	54,5	51	52	56,5	56,5	54	43,5 - 64,5	54	60	
[E,12]	56,5	56	56,5	57,5	56	56	53,5	55,5	58	55,5	56	45,0 - 67,0	56	69	

Deska P2 (600 °C) -SilverSchmidt typ L																
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %		φ _{nový}	f _{be}	
[F,1]	64	62,5	63	59	61,5	50,5	54,5	53,5	57,5	57	58	46,5	-	69,5	58	78
[F,2]	54	58,5	54,5	53	56,5	59	53	56	60,5	58,5	56	45,0	-	67,0	56	69
[F,3]	60,5	57,5	59,5	58,5	57	57	52	55,5	55,5	54	57	46,0	-	68,0	57	73
[F,4]	51	57	52,5	57	52	57,5	57	51,5	54,5	55	55	44,0	-	66,0	55	64
[F,5]	58	56,5	52,5	59	53,5	60	55,5	56,5	54,5	56	56	45,0	-	67,0	56	69
[F,6]	56,5	49	56	61	57,5	57	54,5	58,5	58	58	57	46,0	-	68,0	57	73
[F,7]	54,5	51,5	52	56	63,5	54	52,5	53,5	56	56,5	55	44,0	-	66,0	55	64
[F,8]	55,5	55,5	54,5	55	55	50,5	52	63,5	53,5	56	55	44,0	-	66,0	55	64
[F,9]	56	55,5	54,5	57	56,5	55	60	61,5	56	52	56	45,0	-	67,0	56	69
[F,10]	55,5	55	57,5	54,5	48,5	56,5	54,5	57	54	55,5	55	44,0	-	66,0	55	64
[F,11]	52,5	57,5	61,5	59,5	56,5	58,5	60	59,5	57,5	60,5	58	46,5	-	69,5	58	78
[F,12]	59	64,5	53	58	50,5	55,5	58	55	54	57,5	57	46,0	-	68,0	57	73

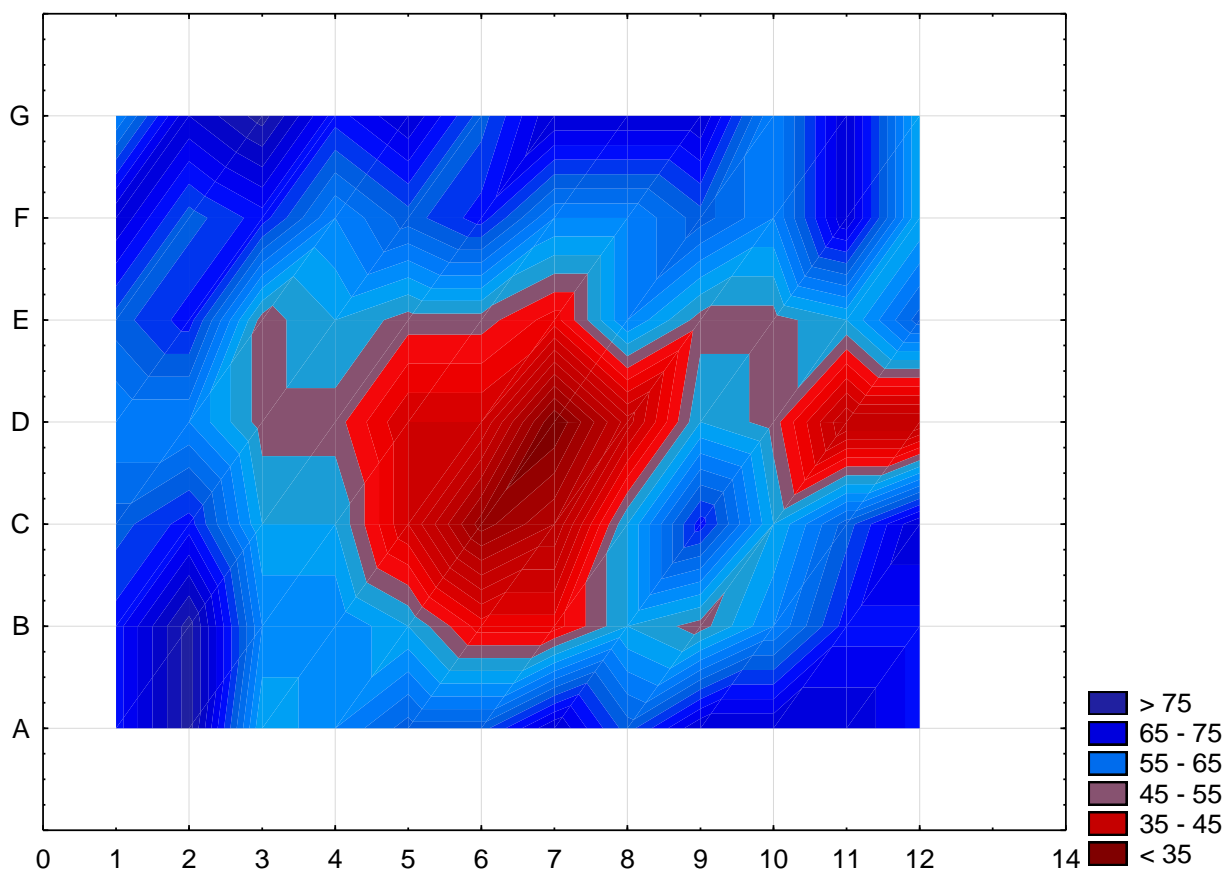
Deska P2 (600 °C) -SilverSchmidt typ L																
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %		φ _{nový}	f _{be}	
[G,1]	57	55,5	55,5	54	55	52,5	51	56,5	57,5	53,5	55	44,0	-	66,0	55	64
[G,2]	51	60,5	52,5	62,5	61	62,5	54	53,5	63,5	56	58	46,5	-	69,5	58	78
[G,3]	54	59,5	55	59	61,5	61,5	57	56	56,5	65	59	47,5	-	70,5	59	83
[G,4]	62	58,5	54	57,5	62,5	52,5	55,5	54	55,5	57	57	46,0	-	68,0	57	73
[G,5]	61	56,5	58	62,5	57,5	56,5	59,5	59,5	52,5	58	58	46,5	-	69,5	58	78
[G,6]	57,5	56	54,5	60,5	60	60,5	54,5	55	46,5	57	56	45,0	-	67,0	56	69
[G,7]	56,5	66	59	58	56	60	56,5	53,5	57,5	57,5	58	46,5	-	69,5	58	78
[G,8]	64,5	57	58,5	58,5	56	58	58,5	57	61	54	58	46,5	-	69,5	58	78
[G,9]	60,5	58	53	63	60,5	59	63	53,5	59	47	58	46,5	-	69,5	58	78
[G,10]	52	54	56	54	63	58,5	53,5	55	50,5	57	55	44,0	-	66,0	55	64
[G,11]	55	57,5	57	57	57,5	59,5	60,5	58	63,5	58	58	46,5	-	69,5	58	78
[G,12]	58	57,5	54	55,5	51	49	55	49,5	55	54	54	43,5	-	64,5	54	60

Tabulka hodnot f_{be} [MPa] desky P2 (600 °C)							
Body	A	B	C	D	E	F	G
1	73	73	69	64	69	78	64
2	83	83	73	64	73	69	78
3	60	64	60	57	57	73	83
4	64	64	60	57	60	64	73
5	69	60	50	50	57	69	78
6	69	53	39	50	57	73	69
7	78	53	44	36	53	64	78
8	69	60	60	47	64	64	78
9	78	57	73	60	57	69	78
10	78	64	60	57	57	64	64
11	78	73	69	64	60	78	78
12	73	73	78	64	69	73	60

Hodnota f_{be} pevnosti v tlaku
s nezaručenou přesností se pro
SilverSchmidt L určí ze vztahu
 $f_{be} = 1,9368e^{0,0637x}$
kde x je v tabulce značená jako $\phi_{nový}$.

Průměr	65,58
Směrodatná odchylka	9,95
Variační Koefficient	15,17

Graf f_{be} pro desku P2 (600°C) - SilverSchmidt [MPa]



PŘÍLOHA C – VYHODNOCENÍ DESKY P3 (800 °C)

Vyhodnocení podle Schmidtova tvrdoměru N

Deska P3 (800 °C) - Schmidův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	f_{be}
[A,1]	35	44	39	48	42	46	39	41	45	39	42	34,0 - 50,0	42	49
[A,2]	47	45	45	48	44	50	45	43	45	45	46	37,0 - 55,0	46	56
[A,3]	43	48	46	39	43	42	50	44	45	38	44	35,5 - 52,5	44	52
[A,4]	37	41	44	46	48	36	44	43	47	47	43	34,5 - 51,5	43	51
[A,5]	43	45	45	41	43	43	45	45	43	42	44	35,5 - 52,5	44	52
[A,6]	44	44	43	48	44	43	45	42	43	42	44	35,5 - 52,5	44	52
[A,7]	43	40	47	47	46	45	42	42	41	46	44	35,5 - 52,5	44	52
[A,8]	47	50	53	42	42	41	40	44	44	46	45	36,0 - 54,0	45	54
[A,9]	43	48	49	43	41	43	44	41	37	41	43	34,5 - 51,5	43	51
[A,10]	43	43	44	48	44	43	45	43	39	44	44	35,5 - 52,5	44	52
[A,11]	42	49	40	41	42	41	43	42	42	43	43	34,5 - 51,5	43	51
[A,12]	38	42	38	43	39	43	41	39	41	40	40	32,0 - 48,0	40	46

Deska P3 (800 °C) - Schmidův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	f_{be}
[B,1]	38	41	38	43	37	38	41	43	41	40	40	32,0 - 48,0	40	46
[B,2]	31	38	33	34	31	37	31	37	34	38	34	27,5 - 40,5	34	35
[B,3]	34	39	32	34	36	31	32	41	33	31	34	27,5 - 40,5	34	35
[B,4]	34	36	37	32	34	36	32	34	37	35	35	28,0 - 42,0	35	37
[B,5]	30	34	32	36	34	33	31	33	32	33	33	26,5 - 39,5	33	33
[B,6]	34	34	33	39	35	32	33	37	33	35	35	28,0 - 42,0	35	37
[B,7]	31	33	34	35	32	32	51	33	34	35	35	28,0 - 42,0	33	33
[B,8]	32	34	34	41	34	36	32	34	31	34	34	27,5 - 40,5	33	33
[B,9]	32	34	30	38	35	37	29	38	32	34	34	27,5 - 40,5	34	35
[B,10]	35	33	33	35	32	33	36	34	36	34	34	27,5 - 40,5	34	35
[B,11]	35	42	38	37	38	34	38	36	39	42	38	30,5 - 45,5	38	42
[B,12]	32	42	38	34	38	39	44	37	39	41	38	30,5 - 45,5	38	42

Deska P3 (800 °C) - Schmidtův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	f _{be}
[C,1]	40	41	38	39	40	41	41	39	41	37	40	32,0 - 48,0	40	46
[C,2]	34	35	29	34	32	30	34	28	29	30	32	26,0 - 38,0	32	32
[C,3]	29	33	39	31	30	34	33	29	30	30	32	26,0 - 38,0	31	30
[C,4]	34	33	31	30	29	32	31	30	34	28	31	25,0 - 37,0	31	30
[C,5]	31	30	31	34	34	32	31	30	32	31	32	26,0 - 38,0	32	32
[C,6]	31	32	34	33	33	32	30	31	37	33	33	26,5 - 39,5	33	33
[C,7]	34	35	27	34	38	42	32	33	34	33	34	27,5 - 40,5	34	35
[C,8]	31	33	34	38	36	32	34	33	33	30	33	26,5 - 39,5	33	33
[C,9]	31	34	29	33	34	33	30	31	33	33	32	26,0 - 38,0	32	32
[C,10]	32	41	42	39	34	34	36	38	34	33	36	29,0 - 43,0	36	39
[C,11]	39	38	41	44	39	42	38	39	39	37	40	32,0 - 48,0	40	46
[C,12]	42	43	38	37	43	45	47	49	37	40	42	34,0 - 50,0	42	49

Deska P3 (800 °C) - Schmidtův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	f _{be}
[D,1]	45	44	41	40	42	44	42	44	43	43	43	34,5 - 51,5	43	51
[D,2]	27	30	36	34	38	28	36	29	34	32	32	26,0 - 38,0	32	32
[D,3]	36	31	30	29	33	32	31	33	32	34	32	26,0 - 38,0	32	32
[D,4]	30	28	31	32	29	30	31	34	37	32	31	25,0 - 37,0	31	30
[D,5]	28	29	34	33	30	32	36	30	35	34	32	26,0 - 38,0	32	32
[D,6]	34	32	35	36	34	33	37	31	31	30	33	26,5 - 39,5	33	33
[D,7]	31	39	34	29	32	28	28	35	36	34	33	26,5 - 39,5	33	33
[D,8]	39	38	32	29	34	36	32	34	27	29	33	26,5 - 39,5	33	33
[D,9]	29	34	32	33	30	33	41	33	32	34	33	26,5 - 39,5	32	32
[D,10]	31	31	35	38	32	34	33	37	34	33	34	27,5 - 40,5	34	35
[D,11]	39	43	45	49	39	36	41	35	44	38	41	33,0 - 49,0	41	47
[D,12]	38	38	41	38	49	44	41	41	38	41	41	33,0 - 49,0	41	47

Deska P3 (800 °C) - Schmidtův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	f _{be}
[E,1]	46	43	44	38	43	49	45	45	43	41	44	35,5 - 52,5	44	52
[E,2]	38	33	38	32	40	39	41	31	30	34	36	29,0 - 43,0	36	39
[E,3]	31	34	35	32	34	29	30	30	32	31	32	26,0 - 38,0	32	32
[E,4]	35	34	32	30	31	30	36	34	35	30	33	26,5 - 39,5	33	33
[E,5]	32	30	31	32	34	29	30	31	32	38	32	26,0 - 38,0	32	32
[E,6]	32	33	34	31	33	36	35	33	34	35	34	27,5 - 40,5	34	35
[E,7]	27	29	34	31	30	28	29	32	30	33	30	24,0 - 36,0	30	29
[E,8]	40	32	38	34	39	36	43	37	33	37	37	30,0 - 44,0	37	41
[E,9]	42	32	36	38	39	38	34	35	32	33	36	29,0 - 43,0	36	39
[E,10]	38	32	33	38	36	34	33	34	36	38	35	28,0 - 42,0	35	37
[E,11]	34	38	44	39	36	37	42	42	38	43	39	31,5 - 46,5	39	44
[E,12]	41	42	38	41	42	42	43	41	47	41	42	34,0 - 50,0	42	49

Deska P3 (800 °C) - Schmidtův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	f_{be}
[F,1]	41	42	43	41	43	39	40	42	40	41	41	33,0 - 49,0	41	47
[F,2]	33	36	34	32	31	34	34	33	35	32	33	26,5 - 39,5	33	33
[F,3]	33	34	37	41	36	36	42	41	42	38	38	30,5 - 45,5	38	42
[F,4]	35	36	35	38	36	37	35	32	34	32	35	28,0 - 42,0	35	37
[F,5]	37	33	33	34	36	39	41	36	39	34	36	29,0 - 43,0	36	39
[F,6]	33	34	34	37	36	39	38	35	33	39	36	29,0 - 43,0	36	39
[F,7]	31	32	32	38	34	31	34	41	38	34	35	28,0 - 42,0	35	37
[F,8]	32	37	38	34	39	38	36	32	37	39	36	29,0 - 43,0	36	39
[F,9]	38	34	38	39	37	36	38	38	39	36	37	30,0 - 44,0	37	41
[F,10]	38	34	36	40	37	40	37	37	40	35	37	30,0 - 44,0	37	41
[F,11]	36	38	39	41	38	42	39	43	41	41	40	32,0 - 48,0	40	46
[F,12]	38	41	40	39	42	37	39	38	38	39	39	31,5 - 46,5	39	44

Deska P3 (800 °C) - Schmidtův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	f_{be}
[G,1]	34	38	32	37	38	39	34	36	38	37	36	29,0 - 43,0	36	39
[G,2]	39	41	38	40	38	39	38	41	40	41	40	32,0 - 48,0	40	46
[G,3]	41	43	39	42	40	41	42	40	43	42	41	33,0 - 49,0	41	47
[G,4]	41	41	43	43	42	40	42	41	43	42	42	34,0 - 50,0	42	49
[G,5]	47	44	44	45	42	44	43	43	40	41	43	34,5 - 51,5	43	51
[G,6]	42	45	43	44	38	42	40	44	43	44	43	34,5 - 51,5	43	51
[G,7]	41	45	43	42	43	41	40	46	42	43	43	34,5 - 51,5	43	51
[G,8]	39	44	41	41	42	44	41	39	42	43	42	34,0 - 50,0	42	49
[G,9]	38	36	52	46	48	41	40	44	40	43	43	34,5 - 51,5	42	49
[G,10]	42	46	39	44	45	46	44	43	43	41	43	34,5 - 51,5	43	51
[G,11]	40	40	50	44	46	45	40	34	40	41	42	34,0 - 50,0	42	49
[G,12]	36	36	38	39	42	46	36	39	41	40	39	31,5 - 46,5	39	44

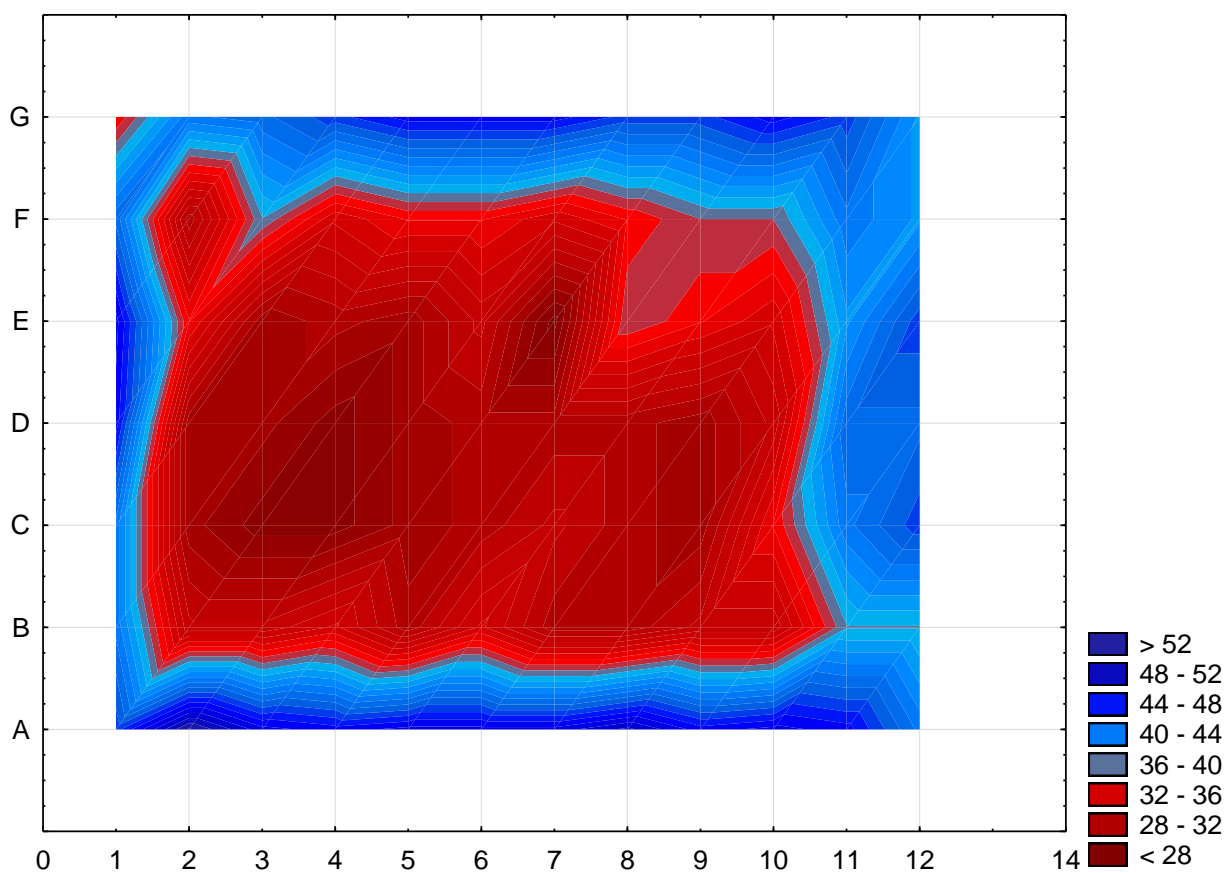
Tabulka hodnot f_{be} [MPa] desky P3 (800 °C)							
Body	A	B	C	D	E	F	G
1	46,6	43,7	43,7	48,5	49,4	44,7	37,1
2	53,2	33,3	30,4	30,4	37,1	31,4	43,7
3	49,4	33,3	28,5	30,4	30,4	39,9	44,7
4	48,5	35,2	28,5	28,5	31,4	35,2	46,6
5	49,4	31,4	30,4	30,4	30,4	37,1	48,5
6	49,4	35,2	31,4	31,4	33,3	37,1	48,5
7	49,4	31,4	33,3	31,4	27,6	35,2	48,5
8	51,3	31,4	31,4	31,4	39,0	37,1	46,6
9	48,5	33,3	30,4	30,4	37,1	39,0	46,6
10	49,4	33,3	37,1	33,3	35,2	39,0	48,5
11	48,5	39,9	43,7	44,7	41,8	43,7	46,6
12	43,7	39,9	46,6	44,7	46,6	41,8	41,8

Pro zpřesnění výsledku pevnosti betonu v tlaku se musí každá hodnota f_{be} vynásobit součinitelem α_h zohledňujícím stáří betonu a součinitelem α_w zohledňujícím vlhkost betonu.

α_h	0,95
α_w	1,00

Průměr	39,11
Směrodatná odchylka	7,27
Variační Koefficient	18,60

Graf f_{be} pro desku P3 (800 °C) - Schmidt Normal [MPa]



Vyhodnocení podle tvrdoměru SilverSchmidt L

Deska P3 (800 °C) -SilverSchmidt typ L															
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	±20 %	ϕnový	fbe	
[A,1]	57,5	56,5	55,5	55,5	58	56,5	58	54	58	49	56	45,0 - 67,0	56	69	
[A,2]	62,5	59	56	57,5	57,5	62	50,5	59	61,5	63	59	47,5 - 70,5	59	83	
[A,3]	61,5	58,5	56	61	60	60	57,5	58,5	62,5	59	59	47,5 - 70,5	59	83	
[A,4]	56,5	57	64	60	60	60,5	60,5	56,5	59	59,5	59	47,5 - 70,5	59	83	
[A,5]	63	61	58,5	56,5	60,5	56,5	60,5	57,5	59	57,5	59	47,5 - 70,5	59	83	
[A,6]	58	53,5	59,5	53,5	60,5	55,5	56,5	64	56,5	57,5	58	46,5 - 69,5	58	78	
[A,7]	59	59,5	60,5	49	57	60	58	55	57,5	57,5	57	46,0 - 68,0	57	73	
[A,8]	56,5	53,5	60	56,5	58	57,5	58,5	53,5	54	61	57	46,0 - 68,0	57	73	
[A,9]	54	62	58,5	61	67	58,5	57,5	65,5	57,5	54,5	60	48,0 - 72,0	60	89	
[A,10]	56	58	55,5	65,5	59,5	59	63	54	66	57	59	47,5 - 70,5	59	83	
[A,11]	59	58,5	62,5	55,5	63	61	57,5	58,5	54,5	58,5	59	47,5 - 70,5	59	83	
[A,12]	56	57,5	55,5	57	58,5	55	56,5	55	56,5	54	56	45,0 - 67,0	56	69	

Deska P3 (800 °C) -SilverSchmidt typ L																
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$		$\phi_{\text{nový}}$	f _{be}	
[B,1]	62,5	60,5	53	56,5	59,5	57,5	58	60	61,5	59	59	47,5	- 70,5	59	83	
[B,2]	38,5	40	40,5	43	42,5	38	40	47,5	38,5	39	41	33,0	- 49,0	41	26	
[B,3]	42,5	42,5	39	36	37	42,5	41	46,5	44	33	40	32,0	- 48,0	40	25	
[B,4]	37,5	38,5	37	39,5	39	42,5	39,5	41,5	36,5	40	39	31,5	- 46,5	39	23	
[B,5]	38,5	37,5	41	32	40,5	41	40,5	37,5	42	41,5	39	31,5	- 46,5	39	23	
[B,6]	40	43	46	40,5	42,5	42,5	38,5	43	35,5	37	41	33,0	- 49,0	41	26	
[B,7]	37,5	40,5	44	38,5	45	41	38,5	39	42	42,5	41	33,0	- 49,0	41	26	
[B,8]	35	36,5	38,5	38,5	38,5	38,5	37	39	38	41,5	38	30,5	- 45,5	38	22	
[B,9]	39	41,5	46,5	44	41,5	39,5	40	44,5	38	40	41	33,0	- 49,0	41	26	
[B,10]	44,5	41	36	41	43,5	41	46	46	45,5	45,5	43	34,5	- 51,5	43	30	
[B,11]	49,5	51,5	44,5	49,5	41,5	57	49	50	48,5	47	49	39,5	- 58,5	49	44	
[B,12]	55,5	58	47	60	58	47,5	50	55	54	62	55	44,0	- 66,0	55	64	

Deska P3 (800 °C) -SilverSchmidt typ L																
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$		$\phi_{\text{nový}}$	f _{be}	
[C,1]	64,5	61	54	61	58	61	53	58	59,5	59	59	47,5	- 70,5	59	83	
[C,2]	30,5	30,5	36	37	40,5	39	36,5	38,5	32,5	41	36	29,0	- 43,0	36	19	
[C,3]	33	30	35	34	37,5	36	39,5	40	35	41	36	29,0	- 43,0	36	19	
[C,4]	42,5	42	33,3	37	40	40,5	43	36	37,5	41	39	31,5	- 46,5	39	23	
[C,5]	36	34,5	35	35	38	43	42	38	36,5	41,5	38	30,5	- 45,5	38	22	
[C,6]	40,5	42,5	43	40,5	37,5	37,5	42,5	39,5	41	40,5	41	33,0	- 49,0	41	26	
[C,7]	39,5	40	40	41	43	41	46	41	42	39	41	33,0	- 49,0	41	26	
[C,8]	41,5	28	36,5	38,5	39,5	42,5	39	41	40,5	41	39	31,5	- 46,5	40	25	
[C,9]	40	38	40	38	40	45	38,5	39	39	39,5	40	32,0	- 48,0	40	25	
[C,10]	40	41	39	42	40,5	38	42,5	42	38,5	41	40	32,0	- 48,0	40	25	
[C,11]	44	48,5	45	46,5	46	42,5	43	39	40,5	46	44	35,5	- 52,5	44	32	
[C,12]	55,5	57,5	52	58,5	57,5	57,5	57	53,5	62	61,5	57	46,0	- 68,0	57	73	

Deska P3 (800 °C) -SilverSchmidt typ L																
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$		$\phi_{\text{nový}}$	f _{be}	
[D,1]	58	58,5	56,5	61,5	59,5	60,5	56	58	58,5	53,5	58	46,5	- 69,5	58	78	
[D,2]	36	39	45	42,5	38	32,5	36	34	39,5	37	38	30,5	- 45,5	38	22	
[D,3]	36	42,5	42	46	32,5	40	39,5	34	39	43,5	40	32,0	- 48,0	40	25	
[D,4]	32	39,5	45	38,5	39,5	38,5	38	34,5	41,5	34	38	30,5	- 45,5	38	22	
[D,5]	37,5	45	36	35,5	32,5	41,5	39	35	42,5	34	38	30,5	- 45,5	38	22	
[D,6]	40,5	36	42	35	41	43	39,5	40	37	36,5	39	31,5	- 46,5	39	23	
[D,7]	36	40,5	38	38	44	44,5	34	38,5	38,5	46	40	32,0	- 48,0	40	25	
[D,8]	34,5	36	39,5	35,5	43	38,5	38,5	39,5	39,5	35,5	38	30,5	- 45,5	38	22	
[D,9]	38,5	37	37	38,5	37,5	42,5	40,5	40	39	41	39	31,5	- 46,5	39	23	
[D,10]	39,5	44,5	40	42	36,5	36,5	49,5	33,5	38	40,5	40	32,0	- 48,0	39	23	
[D,11]	42	39	52	42,5	40,5	49,5	44,5	44,5	48	47	45	36,0	- 54,0	45	34	
[D,12]	57	58	56,5	53	56,5	57	53	56,5	60	58	57	46,0	- 68,0	57	73	

Deska P3 (800 °C) -SilverSchmidt typ L															
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %		φ _{nový}	f _{be}
[E,1]	62,5	66	55,5	53	58,5	59,5	56,5	63	61	57	59	47,5 - 70,5	59	83	
[E,2]	41	38,5	38,5	40	38,5	34,5	33	38,5	36	34	37	30,0 - 44,0	37	20	
[E,3]	43	39	35	38,5	38	38	37	34,5	41	43	39	31,5 - 46,5	39	23	
[E,4]	39,5	41	42	41	42,5	41	42	42,5	42,5	46,5	42	34,0 - 50,0	42	28	
[E,5]	42,5	44,5	38	40	44,5	44,5	36,5	38	36,5	45,5	41	33,0 - 49,0	41	26	
[E,6]	43	46	38,5	42	43,5	40,5	37	42,5	44,5	43	42	34,0 - 50,0	42	28	
[E,7]	40,5	43	37	35,5	41	42	43,5	44,5	41	42,5	41	33,0 - 49,0	41	26	
[E,8]	44	53	41	42,5	42	45,5	45,5	47	46,5	44	45	36,0 - 54,0	45	34	
[E,9]	46	44	46	40	48	45	45,5	45,5	48	45	45	36,0 - 54,0	45	34	
[E,10]	40,5	43,5	40,5	44	47	42,5	47	44,5	48,5	43,5	44	35,5 - 52,5	44	32	
[E,11]	49,5	51	47	46	51	54	47	51,5	57	51,5	51	41,0 - 61,0	51	50	
[E,12]	66	58	58,5	60	52	53	55	59	55	58,5	58	46,5 - 69,5	58	78	

Deska P3 (800 °C) -SilverSchmidt typ L															
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %		φ _{nový}	f _{be}
[F,1]	60	54,5	56,5	56,5	53,5	59	63	60,5	61	61,5	59	47,5 - 70,5	59	83	
[F,2]	43	46	45	44	46,5	43	43	52	50,5	41	45	36,0 - 54,0	45	34	
[F,3]	43	39	40	40	47	42	42,5	43,5	50,5	47	43	34,5 - 51,5	43	30	
[F,4]	41,5	40,5	42,5	46	45	43	42,5	46,5	45	44,5	44	35,5 - 52,5	44	32	
[F,5]	44	44	44	42,5	43,5	45	42,5	45	46	41,5	44	35,5 - 52,5	44	32	
[F,6]	45,5	45,5	45	48	47	47	48	43	44	40	45	36,0 - 54,0	45	34	
[F,7]	48	48,5	47,5	47	43	40	41	46	39	45	45	36,0 - 54,0	45	34	
[F,8]	46	43	46	37,5	44,5	41,5	50,5	41,5	49	43,5	44	35,5 - 52,5	44	32	
[F,9]	47,5	50	47	42	44,5	47,5	48	54	49	51,5	48	38,5 - 57,5	48	41	
[F,10]	47	47,5	48	50	58,5	50	47,5	44	47	43	48	38,5 - 57,5	47	39	
[F,11]	48	49,5	40	50	52,5	50	50	45	49	50	48	38,5 - 57,5	48	41	
[F,12]	61	52	55,5	50	53,5	56	58,5	56,5	58,5	58	56	45,0 - 67,0	56	69	

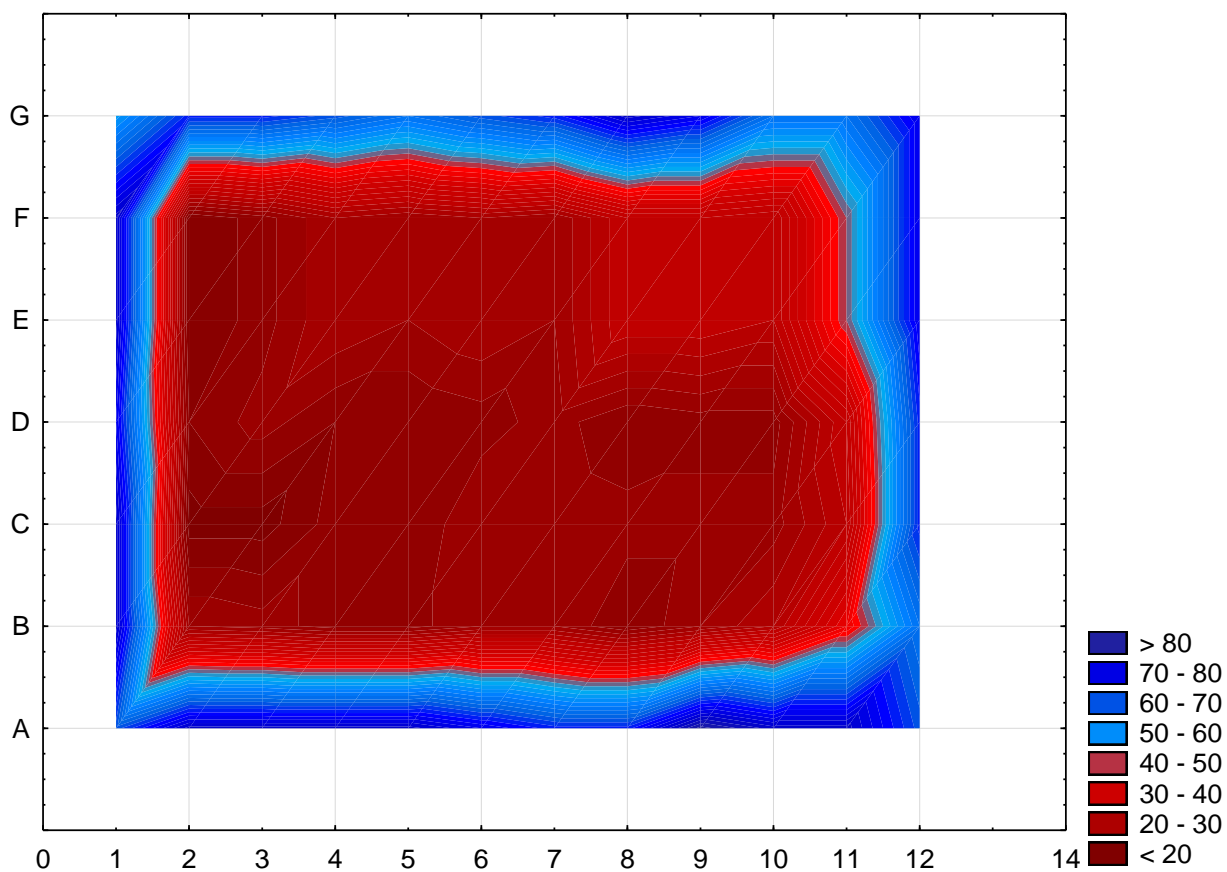
Deska P3 (800 °C) -SilverSchmidt typ L															
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %	φ _{nový}	f _{be}	
[G,1]	50,5	52	54	52	53,5	54	52	57,5	56,5	52,5	53	42,5 - 63,5	53	57	
[G,2]	61,5	56	56,5	51	56	57	62	53,5	57,5	59,5	57	46,0 - 68,0	57	73	
[G,3]	59,5	54,5	53	59	55	64	59,5	52,5	56	56	57	46,0 - 68,0	57	73	
[G,4]	57	55	57	53,5	53,5	56	53,5	57	58	54,5	56	45,0 - 67,0	56	69	
[G,5]	53	57,5	52	55	52	55,5	54,5	58	56,5	54	55	44,0 - 66,0	55	64	
[G,6]	53	52,5	57	57,5	55	58	58,5	58,5	56,5	54,5	56	45,0 - 67,0	56	69	
[G,7]	59	52	58	59,5	55,5	58,5	59	58	53,5	53	57	46,0 - 68,0	57	73	
[G,8]	58,5	62	54	55,5	63	62	56,5	57	58,5	58,5	59	47,5 - 70,5	59	83	
[G,9]	60,5	56,5	61,5	62	60,5	60,5	54	52	56,5	58	58	46,5 - 69,5	58	78	
[G,10]	56	59,5	52	50	53	59,5	57	56	53	58,5	55	44,0 - 66,0	55	64	
[G,11]	58,5	57	57,5	55,5	52,5	57	52,5	53	54,5	55	55	44,0 - 66,0	55	64	
[G,12]	58	58,5	61,5	56	55,5	60,5	57	60	55	56	58	46,5 - 69,5	58	78	

Tabulka hodnot f_{be} [MPa] desky P3 (800 °C)							
Body	A	B	C	D	E	F	G
1	69	83	83	78	83	83	57
2	83	26	19	22	20	34	73
3	83	25	19	25	23	30	73
4	83	23	23	22	28	32	69
5	83	23	22	22	26	32	64
6	78	26	26	23	28	34	69
7	73	26	26	25	26	34	73
8	73	22	25	22	34	32	83
9	89	26	25	23	34	41	78
10	83	30	25	23	32	39	64
11	83	44	32	34	50	41	64
12	69	64	73	73	78	69	78

Hodnota f_{be} pevnosti v tlaku
s nezaručenou přesností se pro
SilverSchmidt L určí ze vztahu
 $f_{be} = 1,9368e^{0,0637x}$
kde x je v tabulce značená jako $\phi_{nový}$.

Průměr	47,23
Směrodatná odchylka	24,19
Variační Koefficient	51,23

Graf f_{be} pro desku P3 (800 °C) - SilverSchmidt [MPa]



PŘÍLOHA D – VYHODNOCENÍ DESKY P4 (20 °C)

Vyhodnocení podle Schmidtova tvrdoměru N

Deska P4 (20 °C) - Schmidův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	f_{be}
[A,1]	38	39	41	40	44	39	42	41	49	39	41	33,0 - 49,0	41	47
[A,2]	42	48	46	44	50	44	43	44	50	48	46	37,0 - 55,0	46	56
[A,3]	52	49	40	48	37	51	49	51	50	41	47	38,0 - 56,0	48	60
[A,4]	42	44	40	45	42	42	41	48	46	46	44	35,5 - 52,5	44	52
[A,5]	46	50	46	45	47	46	35	45	45	45	45	36,0 - 54,0	46	56
[A,6]	46	45	43	46	47	47	45	43	51	41	45	36,0 - 54,0	45	54
[A,7]	48	43	54	45	45	51	42	46	42	39	46	37,0 - 55,0	46	56
[A,8]	43	47	45	48	46	41	49	39	44	44	45	36,0 - 54,0	45	54
[A,9]	36	35	44	39	38	41	45	53	56	47	43	34,5 - 51,5	41	47
[A,10]	39	46	48	46	41	34	36	44	45	33	41	33,0 - 49,0	41	47
[A,11]	45	43	44	41	46	41	39	45	45	41	43	34,5 - 51,5	43	51
[A,12]	42	37	44	39	34	35	38	44	41	45	40	32,0 - 48,0	40	46

Deska P4 (20 °C) - Schmidův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	f_{be}
[B,1]	45	44	48	45	45	47	45	45	44	44	45	36,0 - 54,0	45	54
[B,2]	42	48	45	40	46	49	54	45	53	48	47	38,0 - 56,0	47	58
[B,3]	43	47	48	40	49	52	46	49	46	49	47	38,0 - 56,0	47	58
[B,4]	49	54	51	44	47	46	46	45	46	39	47	38,0 - 56,0	47	58
[B,5]	45	47	46	49	45	52	50	46	51	46	48	38,5 - 57,5	48	60
[B,6]	41	43	58	51	55	41	42	49	44	48	47	38,0 - 56,0	46	56
[B,7]	44	59	45	53	52	44	43	47	51	51	49	39,5 - 58,5	48	60
[B,8]	47	49	48	40	47	50	41	39	44	54	46	37,0 - 55,0	46	56
[B,9]	49	58	47	53	42	45	51	44	45	54	49	39,5 - 58,5	49	62
[B,10]	32	40	38	40	45	45	47	45	37	45	41	33,0 - 49,0	42	49
[B,11]	49	51	49	40	48	47	46	41	44	41	46	37,0 - 55,0	46	56
[B,12]	44	46	45	45	44	38	44	38	40	50	43	34,5 - 51,5	43	51

Deska P4 (20 °C) - Schmidtův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	fbe
[C,1]	45	44	51	41	47	46	45	44	43	43	45	36,0 - 54,0	45	54
[C,2]	48	44	46	51	51	47	45	50	41	47	47	38,0 - 56,0	47	58
[C,3]	43	49	43	45	50	49	40	41	46	43	45	36,0 - 54,0	41	47
[C,4]	48	42	53	50	40	41	47	50	47	50	47	38,0 - 56,0	47	58
[C,5]	49	49	46	54	47	48	42	50	43	40	47	38,0 - 56,0	47	58
[C,6]	44	43	50	42	44	41	38	40	51	48	44	35,5 - 52,5	44	52
[C,7]	43	48	38	40	34	44	41	49	42	46	43	34,5 - 51,5	43	51
[C,8]	46	46	44	43	48	48	47	39	34	55	45	36,0 - 54,0	45	54
[C,9]	44	47	48	43	44	46	39	46	44	45	45	36,0 - 54,0	45	54
[C,10]	41	48	46	40	43	44	44	48	47	37	44	35,5 - 52,5	44	52
[C,11]	44	45	45	46	40	50	53	50	44	42	46	37,0 - 55,0	46	56
[C,12]	41	39	49	42	44	40	34	46	40	37	41	33,0 - 49,0	41	47

Deska P4 (20 °C) - Schmidtův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	fbe
[D,1]	47	42	45	39	44	45	42	44	43	46	44	35,5 - 52,5	44	52
[D,2]	40	46	44	45	49	48	45	42	44	38	44	35,5 - 52,5	44	52
[D,3]	51	48	46	40	45	44	46	45	48	45	46	37,0 - 55,0	46	56
[D,4]	44	48	40	40	44	48	45	35	43	45	43	34,5 - 51,5	43	51
[D,5]	46	45	41	45	46	47	47	48	45	46	46	37,0 - 55,0	46	56
[D,6]	50	48	63	48	45	44	40	45	54	54	49	39,5 - 58,5	48	60
[D,7]	51	44	48	50	48	49	43	44	40	49	47	38,0 - 56,0	47	58
[D,8]	41	44	48	51	45	45	47	45	44	42	45	36,0 - 54,0	45	54
[D,9]	45	48	54	53	49	42	44	50	49	55	49	39,5 - 58,5	49	62
[D,10]	49	48	45	37	35	41	30	54	42	46	43	34,5 - 51,5	43	51
[D,11]	52	42	49	46	49	50	46	45	48	45	47	38,0 - 56,0	47	58
[D,12]	47	44	46	43	44	43	47	42	46	45	45	36,0 - 54,0	45	54

Deska P4 (20 °C) - Schmidtův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	fbe
[E,1]	40	45	40	47	44	43	47	46	39	42	43	34,5 - 51,5	43	51
[E,2]	50	48	50	44	52	48	45	44	48	44	47	38,0 - 56,0	47	58
[E,3]	47	45	42	50	47	43	44	45	54	39	46	37,0 - 55,0	46	56
[E,4]	47	45	44	43	54	46	43	48	46	50	47	38,0 - 56,0	47	58
[E,5]	43	44	46	42	43	48	43	45	46	42	44	35,5 - 52,5	44	52
[E,6]	47	43	51	45	46	50	45	48	46	45	47	38,0 - 56,0	47	58
[E,7]	55	51	47	58	42	48	51	50	55	47	50	40,0 - 60,0	50	64
[E,8]	51	46	48	58	45	43	48	49	45	40	47	38,0 - 56,0	46	56
[E,9]	49	45	44	42	40	55	45	52	46	51	47	38,0 - 56,0	47	58
[E,10]	45	41	41	47	46	49	58	41	41	47	46	37,0 - 55,0	44	52
[E,11]	42	42	50	46	45	46	40	45	40	43	44	35,5 - 52,5	44	52
[E,12]	44	38	46	43	44	46	44	40	41	42	43	34,5 - 51,5	43	51

Deska P4 (20 °C) - Schmidtův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	f_{be}
[F,1]	44	46	47	48	46	51	49	47	47	47	47	38,0 - 56,0	47	58
[F,2]	52	46	51	43	46	44	40	45	41	40	45	36,0 - 54,0	45	54
[F,3]	48	48	47	49	45	45	41	45	40	48	46	37,0 - 55,0	46	56
[F,4]	47	50	48	41	50	44	50	48	47	50	48	38,5 - 57,5	48	60
[F,5]	46	45	50	49	49	43	48	47	49	50	48	38,5 - 57,5	48	60
[F,6]	44	45	44	50	46	46	46	48	48	46	46	37,0 - 55,0	46	56
[F,7]	57	45	48	50	45	45	48	42	49	45	47	38,0 - 56,0	46	56
[F,8]	45	48	47	46	45	41	48	47	51	48	47	38,0 - 56,0	47	58
[F,9]	44	37	42	37	40	46	44	48	47	44	43	34,5 - 51,5	43	51
[F,10]	42	56	48	44	45	46	40	44	40	41	45	36,0 - 54,0	43	51
[F,11]	42	56	48	44	45	46	40	44	40	41	45	36,0 - 54,0	43	51
[F,12]	44	43	44	43	41	43	38	40	39	38	41	33,0 - 49,0	41	47

Deska P4 (20 °C) - Schmidtův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	f_{be}
[G,1]	37	38	41	44	45	50	46	50	38	44	43	34,5 - 51,5	43	51
[G,2]	46	41	40	40	46	51	41	44	52	40	44	35,5 - 52,5	44	52
[G,3]	46	45	44	43	43	38	46	48	47	43	44	35,5 - 52,5	44	52
[G,4]	45	46	41	47	44	44	46	45	47	46	45	36,0 - 54,0	45	54
[G,5]	45	43	48	47	51	48	47	45	45	46	47	38,0 - 56,0	47	58
[G,6]	46	52	46	48	51	41	47	50	44	48	47	38,0 - 56,0	47	58
[G,7]	41	45	44	44	44	38	39	43	45	50	43	34,5 - 51,5	43	51
[G,8]	45	46	44	44	47	47	46	47	42	41	45	36,0 - 54,0	45	54
[G,9]	47	44	43	46	46	41	44	37	40	43	43	34,5 - 51,5	43	51
[G,10]	44	38	40	44	37	46	42	51	44	38	42	34,0 - 50,0	41	47
[G,11]	46	44	44	40	43	39	38	44	45	43	43	34,5 - 51,5	43	51
[G,12]	35	34	38	42	38	40	34	38	36	39	37	30,0 - 44,0	37	41

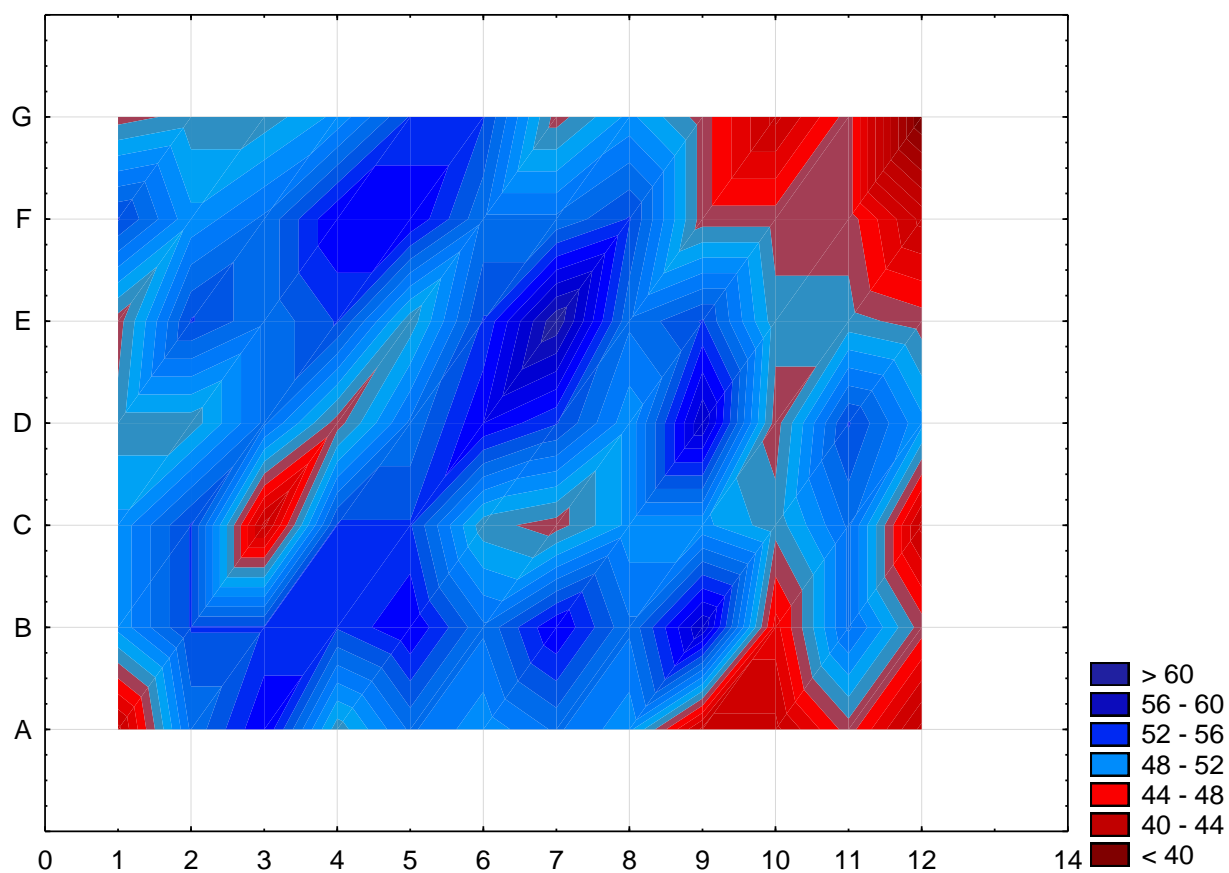
Tabulka hodnot f_{be} [MPa] desky P4 (20 °C)							
Body	A	B	C	D	E	F	G
1	44,7	51,3	51,3	49,4	48,5	55,1	48,5
2	53,2	55,1	55,1	49,4	55,1	51,3	49,4
3	57,0	55,1	44,7	53,2	53,2	53,2	49,4
4	49,4	55,1	55,1	48,5	55,1	57,0	51,3
5	53,2	57,0	55,1	53,2	49,4	57,0	55,1
6	51,3	53,2	49,4	57,0	55,1	53,2	55,1
7	53,2	57,0	48,5	55,1	60,8	53,2	48,5
8	51,3	53,2	51,3	51,3	53,2	55,1	51,3
9	44,7	58,9	51,3	58,9	55,1	48,5	48,5
10	44,7	46,6	49,4	48,5	49,4	48,5	44,7
11	48,5	53,2	53,2	55,1	49,4	48,5	48,5
12	43,7	48,5	44,7	51,3	48,5	44,7	39,0

Pro zpřesnění výsledku pevnosti betonu v tlaku se musí každá hodnota f_{be} vynásobit součinitelem α_h zohledňujícím stáří betonu a součinitelem α_w zohledňujícím vlhkost betonu.

α_h	0,95
α_w	1,00

Průměr	51,49
Směrodatná odchylka	4,04
Variační Koefficient	7,85

Graf f_{be} pro desku P4 (20 °C) - Schmidt Normal [MPa]



Vyhodnocení podle tvrdoměru SilverSchmidt L

Deska P4 (20 °C) -SilverSchmidt typ L																
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %		φnový	fbe	
[A,1]	59	56	58,5	67,5	57,5	57	54,5	55	54,5	54	57	46,0	-	68,0	57	73
[A,2]	56,5	55,5	60	61	63	58	69,5	62	58,5	59	60	48,0	-	72,0	60	89
[A,3]	73	63,5	65,5	62,5	66,5	61,5	58,5	57,5	66,5	63,5	64	51,5	-	76,5	64	114
[A,4]	57,5	59	58	59,5	58	60,5	58,5	59,5	61	59,5	59	47,5	-	70,5	59	83
[A,5]	54,5	58,5	62,5	57	61	56	60,5	55	58	58	58	46,5	-	69,5	58	78
[A,6]	63	61	62	58	59	59	58	58	59	59	60	48,0	-	72,0	60	89
[A,7]	57	58,5	59,5	60,5	67,5	58,5	55,5	59,5	56,5	63	60	48,0	-	72,0	60	89
[A,8]	50	54	51,5	52,5	54,5	62,5	64,5	56,5	48,5	63,6	56	45,0	-	67,0	56	69
[A,9]	61,5	54	58	59,5	61	64	63,5	58	60,5	59	60	48,0	-	72,0	60	89
[A,10]	53	52	49	51,5	49,5	62	63	58,5	58	62	56	45,0	-	67,0	56	69
[A,11]	56	56,5	56	56,5	58	55,5	57	61	53	53,5	56	45,0	-	67,0	56	69
[A,12]	65	58	54	58	49	59,5	60,5	42	55	54,5	56	45,0	-	67,0	57	73

Deska P4 (20 °C) -SilverSchmidt typ L																
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %		φnový	fbe	
[B,1]	57	56,5	55,5	55,5	58	56,5	57,5	59	62	58	58	46,5	-	69,5	58	78
[B,2]	57	64,5	61,5	61	68	58,5	60,5	60,5	59	62,5	61	49,0	-	73,0	61	94
[B,3]	62	62	56	52	64	50,5	66	60,5	64	57	59	47,5	-	70,5	59	83
[B,4]	53,5	60,5	61	56,5	57	60,5	55	61	60,5	57	58	46,5	-	69,5	58	78
[B,5]	60,5	61	59	63,5	59,5	53,5	62,5	56,5	59	60	60	48,0	-	72,0	60	89
[B,6]	60,5	57,5	60,5	59,5	67	61,5	68,5	69,5	58,5	56	62	50,0	-	74,0	62	101
[B,7]	50	61	63	56,5	56,5	54,5	60	52,5	61	56,5	57	46,0	-	68,0	57	73
[B,8]	63,5	62	61	56,5	64	59	65	59,5	65	67,5	62	50,0	-	74,0	62	101
[B,9]	60,5	63	65	64	60	62	53,5	62	61,5	53	60	48,0	-	72,0	60	89
[B,10]	62,5	60,5	61,5	62,5	55,5	59	56,5	50,5	55,5	55	58	46,5	-	69,5	58	78
[B,11]	51	60,5	59,5	60	61,5	63,5	61,5	65	62	58	60	48,0	-	72,0	60	89
[B,12]	55	60,5	62	54	48	54,5	62	61,5	59	58,5	58	46,5	-	69,5	58	78

Deska P4 (20 °C) -SilverSchmidt typ L																
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %		φnový	fbe	
[C,1]	54,5	58	58,5	61,5	60	59	62	59,5	55,5	55,5	58	46,5	-	69,5	58	78
[C,2]	65	58,5	59,5	66,5	63	59	57	60,5	63,5	64,5	62	50,0	-	74,0	62	101
[C,3]	59	60,5	61	58,5	63	57	57,5	66,5	55,5	54	59	47,5	-	70,5	59	83
[C,4]	58	60,5	52	61	57	57,5	59,5	60,5	57,5	64,5	59	47,5	-	70,5	59	83
[C,5]	62,5	64	61	61	59,5	70,5	62,5	55	61,5	59	62	50,0	-	74,0	62	101
[C,6]	57	56,5	65,5	64	60	64	67	60	59,5	59,5	61	49,0	-	73,0	61	94
[C,7]	63,5	59	55,5	51,5	63,5	61,5	54,5	56	53,5	61,5	58	46,5	-	69,5	58	78
[C,8]	58	62	57	56,5	59	57,5	53	58,5	53	56	57	46,0	-	68,0	57	73
[C,9]	61	61	62	58	57,5	63,5	61	59	60	60,5	60	48,0	-	72,0	60	89
[C,10]	56	59	53,5	53,5	55	52,5	51	56,5	59,5	58,5	56	45,0	-	67,0	56	69
[C,11]	62	62	59	60,5	59	59,5	57	59,5	57,5	57	59	47,5	-	70,5	59	83
[C,12]	58,5	61,5	61	57,5	57,5	55,5	56	61,5	59	60,5	59	47,5	-	70,5	59	83

Deska P4 (20 °C) -SilverSchmidt typ L																
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %		φnový	fbe	
[D,1]	62	58	60,5	59	63	69,5	61	50,5	51	62	60	48,0	-	72,0	60	89
[D,2]	56,5	52	57	58,5	56,5	57,5	56	55	57	57	56	45,0	-	67,0	56	69
[D,3]	61	58,5	53	57	54,5	54,5	58	55,5	62,5	52,5	57	46,0	-	68,0	57	73
[D,4]	57	57,5	57	52	54	57	60,5	57	58	55	57	46,0	-	68,0	57	73
[D,5]	61	62	58,5	58,5	62	55,5	62	57	63,5	59	60	48,0	-	72,0	60	89
[D,6]	63	63	55,5	54	58,5	57	54,5	53,5	57	55	57	46,0	-	68,0	57	73
[D,7]	65	59,5	61	59,5	59	61,5	58,5	53,5	55	52,5	59	47,5	-	70,5	59	83
[D,8]	66	60,5	56,5	58,5	59,5	61,5	52	61	61,5	61	60	48,0	-	72,0	60	89
[D,9]	68	59,5	58	60,5	58	60,5	59,5	57	56	54,5	59	47,5	-	70,5	59	83
[D,10]	56,5	62	57,5	61	54,5	55	57,5	58,5	48	50	56	45,0	-	67,0	56	69
[D,11]	56,5	55	72	51	61	67,5	63	64	57,5	60	61	49,0	-	73,0	61	94
[D,12]	71	56,5	61,5	59,5	61	60,5	59	61,5	59	65	61	49,0	-	73,0	61	94

Deska P4 (20 °C) -SilverSchmidt typ L																
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %		φnový	fbe	
[E,1]	56	62	57,5	51,5	67,5	63	54	60,5	61	55,5	59	47,5	-	70,5	59	83
[E,2]	62,5	61	61,5	58	68,5	64	57	61,5	67,5	62,5	62	50,0	-	74,0	62	101
[E,3]	57,5	67	60	64	62,5	59,5	62	64,5	57	61,5	62	50,0	-	74,0	62	101
[E,4]	61,5	58,5	62,5	61	62,5	60	55,5	63	56,5	58	60	48,0	-	72,0	60	89
[E,5]	53	57,5	61	69,5	58,5	60,5	56,5	57,5	66	58	60	48,0	-	72,0	60	89
[E,6]	62	62,5	57,5	61,5	58	67,5	57	57	60	59	60	48,0	-	72,0	60	89
[E,7]	60	58,5	59,5	62	59	53	60	57	59	65	59	47,5	-	70,5	59	83
[E,8]	63	67,5	63	60	59	58,5	59	64	61,5	60	62	50,0	-	74,0	62	101
[E,9]	62	62	58	65,5	62,5	61,5	64,5	63,5	57	58	61	49,0	-	73,0	61	94
[E,10]	60,5	56,5	59	53,5	58,5	62	69,5	61,5	62	59	60	48,0	-	72,0	60	89
[E,11]	59,5	58,5	62,5	56,5	61	56,5	68	62	65,5	66	62	50,0	-	74,0	62	101
[E,12]	54,5	62	59,5	58	59	59,5	59	62	56	54,5	58	46,5	-	69,5	58	78

Deska P4 (20 °C) -SilverSchmidt typ L																
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %		φnový	fbe	
[F,1]	64	65,5	62,5	70	60	67,5	64,5	60,5	66	54	63	50,5	-	75,5	63	107
[F,2]	61,5	67,5	55	52,5	60	58,5	58	61	49,5	55,5	58	46,5	-	69,5	58	78
[F,3]	57	61,5	58,5	68,5	63,5	60	58,5	57,5	68	52	61	49,0	-	73,0	61	94
[F,4]	69,5	67	63,5	61,5	62	67,5	64,5	64,5	60,5	67	65	52,0	-	78,0	65	122
[F,5]	60	62	58,5	64,5	68	58,5	64	64,5	63,5	55	62	50,0	-	74,0	62	101
[F,6]	61,5	64,5	70	66,5	58,5	64,5	66,5	62,5	59	62,5	64	51,5	-	76,5	64	114
[F,7]	64,5	57	58,5	59	50,5	54,5	58	59	55	56	57	46,0	-	68,0	57	73
[F,8]	58	58,5	61	56	55,5	59,5	59,5	56	65,5	69	60	48,0	-	72,0	60	89
[F,9]	57,5	64,5	63,5	63,5	64,5	60,5	59	58,5	57	62	61	49,0	-	73,0	61	94
[F,10]	65	58,5	61	54,5	53	52,5	50,5	57	55	58	57	46,0	-	68,0	57	73
[F,11]	57,5	61,5	66	75	61	60	56,5	56,5	63	57	61	49,0	-	73,0	60	89
[F,12]	57,5	55	55	53	53,5	56	62	54,5	61	56,5	56	45,0	-	67,0	56	69

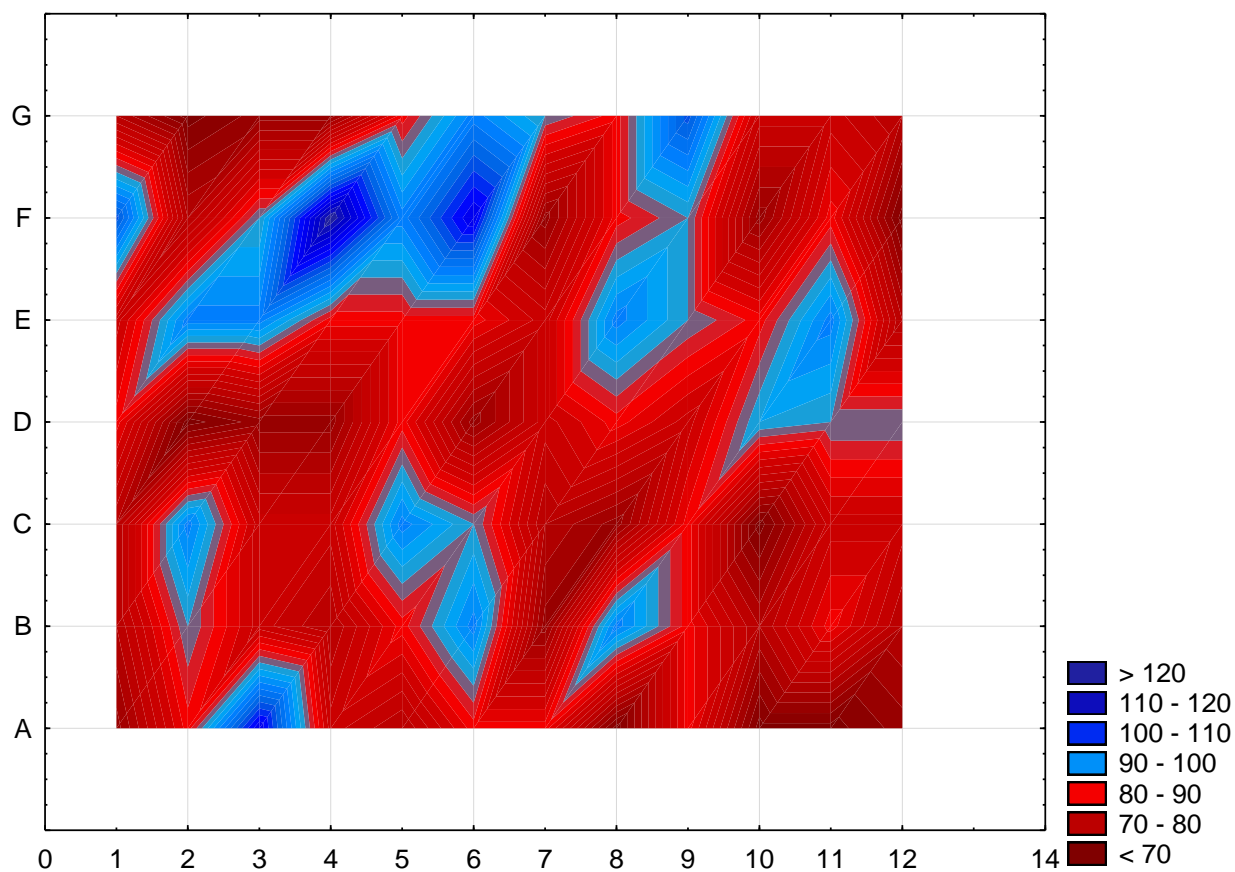
Deska P4 (20 °C) -SilverSchmidt typ L																
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %		φnový	fbe	
[G,1]	56,5	57,5	58	61	55,5	63,5	56,5	53	62,5	58	58	46,5	-	69,5	58	78
[G,2]	60,5	54	60	60,5	53,5	54	58	52	53	50,5	56	45,0	-	67,0	56	69
[G,3]	55	58,5	58,5	53,5	57,5	54	57,5	59,5	62,5	54,5	57	46,0	-	68,0	57	73
[G,4]	54	63	60	60	60,5	57,5	50	58	57	54,5	57	46,0	-	68,0	57	73
[G,5]	65	57,5	54	62	61	64	58	60	55,5	63	60	48,0	-	72,0	60	89
[G,6]	66	58,5	54,5	64	61	64	60	69	65,5	60	62	50,0	-	74,0	62	101
[G,7]	58	61,5	64,5	58,5	59	64	57	62	65	62,5	61	49,0	-	73,0	61	94
[G,8]	64	56	64,5	67,5	58	58	58,5	52,5	57,5	60	60	48,0	-	72,0	60	89
[G,9]	62,5	64	65	59,5	61,5	64	61,5	69	60	66,5	63	50,5	-	75,5	63	107
[G,10]	64,5	63,5	55	57,5	54,5	60	64	60	59	56	59	47,5	-	70,5	59	83
[G,11]	62,5	59,5	56	51	67	54,5	56,4	66	57	60	59	47,5	-	70,5	59	83
[G,12]	60	61,5	58,5	59	58,5	58	55,5	57	55	54,5	58	46,5	-	69,5	58	78

Tabulka hodnot f_{be} [MPa] desky P4 (20 °C)							
Body	A	B	C	D	E	F	G
1	73	78	78	89	83	107	78
2	89	94	101	69	101	78	69
3	114	83	83	73	101	94	73
4	83	78	83	73	89	122	73
5	78	89	101	89	89	101	89
6	89	101	94	73	89	114	101
7	89	73	78	83	83	73	94
8	69	101	73	89	101	89	89
9	89	89	89	83	94	94	107
10	69	78	69	69	89	73	83
11	69	89	83	94	101	89	83
12	73	78	83	94	78	69	78

Hodnota f_{be} pevnosti v tlaku
s nezaručenou přesností se pro
SilverSchmidt L určí ze vztahu
 $f_{be} = 1,9368e^{0,0637x}$
kde x je v tabulce značená jako $\phi_{nový}$.

Průměr	85,86
Směrodatná odchylka	11,76
Variační Koefficient	13,70

Graf f_{be} pro desku P4 (20 °C) - SilverSchmidt [MPa]



PŘÍLOHA E – VYHODNOCENÍ DESKY P5 (odloženo pro pozdější experimenty)

Vyhodnocení podle Schmidtova tvrdoměru N

Deska P5 - Schmidův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	f_{be}
[A,1]	44	45	43	41	45	40	36	44	44	40	42	34,0 - 50,0	42	49
[A,2]	46	39	42	43	44	40	40	41	49	47	43	34,5 - 51,5	43	51
[A,3]	45	44	44	45	38	48	47	46	40	46	44	35,5 - 52,5	44	52
[A,4]	45	45	47	41	46	48	44	43	43	52	45	36,0 - 54,0	45	54
[A,5]	44	48	42	43	51	44	48	47	43	42	45	36,0 - 54,0	45	54
[A,6]	45	42	44	43	42	45	54	45	46	48	45	36,0 - 54,0	45	54
[A,7]	46	50	41	45	44	44	42	46	47	42	45	36,0 - 54,0	45	54
[A,8]	50	50	48	48	40	47	45	44	51	50	47	38,0 - 56,0	47	58
[A,9]	40	44	50	45	44	51	43	45	42	41	45	36,0 - 54,0	45	54
[A,10]	48	42	40	47	42	44	38	44	47	44	44	35,5 - 52,5	44	52
[A,11]	45	43	42	39	41	39	44	44	46	45	43	34,5 - 51,5	43	51
[A,12]	41	41	45	39	41	49	39	43	38	43	42	34,0 - 50,0	42	49

Deska P5 - Schmidův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	f_{be}
[B,1]	42	48	46	39	48	47	45	44	39	46	44	35,5 - 52,5	44	52
[B,2]	48	44	46	45	45	49	45	43	45	44	45	36,0 - 54,0	45	54
[B,3]	50	45	45	53	54	49	44	50	46	48	48	38,5 - 57,5	48	60
[B,4]	46	42	46	48	44	47	43	52	45	46	46	37,0 - 55,0	46	56
[B,5]	45	46	44	45	50	44	45	46	47	45	46	37,0 - 55,0	46	56
[B,6]	44	45	50	51	44	50	46	47	46	47	47	38,0 - 56,0	47	58
[B,7]	45	46	51	46	47	50	44	46	46	45	47	38,0 - 56,0	47	58
[B,8]	45	44	50	45	43	42	46	40	50	49	45	36,0 - 54,0	45	54
[B,9]	48	42	44	49	46	51	47	50	41	47	47	38,0 - 56,0	47	58
[B,10]	46	40	48	50	41	45	41	49	52	40	45	36,0 - 54,0	45	54
[B,11]	47	50	51	52	46	45	47	52	45	41	48	38,5 - 57,5	48	60
[B,12]	44	43	46	40	41	44	44	43	39	40	42	34,0 - 50,0	42	49

Deska P5 - Schmidtův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20 \%$	$\phi_{\text{nový}}$	fbe
[C,1]	47	49	49	47	50	45	42	41	54	47	47	38,0 - 56,0	47	58
[C,2]	49	44	46	42	45	54	42	41	44	45	45	36,0 - 54,0	45	54
[C,3]	46	41	44	44	50	44	47	43	48	48	46	37,0 - 55,0	46	56
[C,4]	46	46	40	45	50	48	44	47	43	45	45	36,0 - 54,0	45	54
[C,5]	48	47	45	43	44	44	48	44	46	47	46	37,0 - 55,0	46	56
[C,6]	41	45	43	46	44	48	41	44	49	48	45	36,0 - 54,0	45	54
[C,7]	53	45	45	46	46	47	42	50	45	50	47	38,0 - 56,0	47	58
[C,8]	44	46	43	49	45	46	48	49	49	44	46	37,0 - 55,0	46	56
[C,9]	45	54	50	44	47	46	50	42	46	50	47	38,0 - 56,0	47	58
[C,10]	43	43	52	45	41	46	39	44	43	46	44	35,5 - 52,5	44	52
[C,11]	49	48	47	44	41	43	49	50	42	41	45	36,0 - 54,0	45	54
[C,12]	40	44	45	50	45	50	42	39	42	44	44	35,5 - 52,5	44	52

Deska P5 - Schmidtův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20 \%$	$\phi_{\text{nový}}$	fbe
[D,1]	43	38	42	39	40	42	37	38	46	44	41	33,0 - 49,0	41	47
[D,2]	42	44	41	48	44	46	42	43	45	47	44	35,5 - 52,5	44	52
[D,3]	46	48	45	43	49	58	49	48	49	47	48	38,5 - 57,5	47	58
[D,4]	41	41	46	46	49	46	43	46	53	39	45	36,0 - 54,0	45	54
[D,5]	56	50	45	44	47	48	52	46	41	45	47	38,0 - 56,0	47	58
[D,6]	44	42	46	39	44	48	48	50	39	45	45	36,0 - 54,0	45	54
[D,7]	44	45	52	45	41	48	48	45	46	46	46	37,0 - 55,0	46	56
[D,8]	48	40	44	52	46	44	48	43	38	42	45	36,0 - 54,0	45	54
[D,9]	50	48	47	54	48	45	48	44	51	56	49	39,5 - 58,5	49	62
[D,10]	54	52	32	42	46	39	44	41	53	46	45	36,0 - 54,0	46	56
[D,11]	50	46	44	43	44	48	49	47	46	47	46	37,0 - 55,0	46	56
[D,12]	40	44	44	41	39	42	49	37	42	40	42	34,0 - 50,0	42	49

Deska P5 - Schmidtův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20 \%$	$\phi_{\text{nový}}$	fbe
[E,1]	41	46	42	43	46	43	48	49	39	47	44	35,5 - 52,5	44	52
[E,2]	44	46	47	42	48	54	46	56	45	47	48	38,5 - 57,5	48	60
[E,3]	49	53	46	40	45	43	44	50	50	42	46	37,0 - 55,0	46	56
[E,4]	46	45	46	44	45	47	47	45	45	47	46	37,0 - 55,0	46	56
[E,5]	37	39	41	51	40	49	40	47	39	44	43	34,5 - 51,5	43	51
[E,6]	45	50	45	46	42	43	44	51	53	42	46	37,0 - 55,0	46	56
[E,7]	42	40	45	46	49	48	45	43	48	42	45	36,0 - 54,0	45	54
[E,8]	47	52	44	52	44	46	47	46	45	39	46	37,0 - 55,0	46	56
[E,9]	50	47	48	50	45	52	42	49	46	41	47	38,0 - 56,0	47	58
[E,10]	45	50	38	52	47	46	43	50	40	50	46	37,0 - 55,0	46	56
[E,11]	43	41	39	44	47	46	46	46	42	47	44	35,5 - 52,5	44	52
[E,12]	44	43	43	41	46	47	43	43	42	38	43	34,5 - 51,5	43	51

Deska P5 - Schmidtův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	f_{be}
[F,1]	45	39	42	39	41	41	43	38	42	41	41	33,0 - 49,0	41	47
[F,2]	48	46	47	49	49	48	46	43	41	53	47	38,0 - 56,0	47	58
[F,3]	44	48	48	45	38	36	48	52	44	55	46	37,0 - 55,0	47	58
[F,4]	51	46	45	48	47	48	49	51	45	48	48	38,5 - 57,5	48	60
[F,5]	47	51	46	46	45	45	46	47	48	41	46	37,0 - 55,0	46	56
[F,6]	42	43	44	45	41	48	49	47	45	47	45	36,0 - 54,0	45	54
[F,7]	43	47	44	43	45	51	46	53	56	48	48	38,5 - 57,5	48	60
[F,8]	51	45	44	51	46	47	41	47	44	46	46	37,0 - 55,0	46	56
[F,9]	51	42	51	48	48	51	53	44	43	45	48	38,5 - 57,5	48	60
[F,10]	50	42	50	44	39	42	50	43	46	38	44	35,5 - 52,5	44	52
[F,11]	41	44	42	45	45	42	45	44	50	45	44	35,5 - 52,5	44	52
[F,12]	42	45	46	49	46	48	39	44	42	39	44	35,5 - 52,5	44	52

Deska P5 - Schmidtův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	f_{be}
[G,1]	38	41	42	41	40	38	42	46	41	42	41	33,0 - 49,0	41	47
[G,2]	50	44	41	43	45	45	45	50	40	44	45	36,0 - 54,0	45	54
[G,3]	46	44	43	45	40	35	40	40	41	38	41	33,0 - 49,0	41	47
[G,4]	39	46	47	44	51	45	48	46	47	45	46	37,0 - 55,0	46	56
[G,5]	41	40	40	43	43	42	46	53	47	50	45	36,0 - 54,0	45	54
[G,6]	42	43	46	35	41	42	42	48	47	45	43	34,5 - 51,5	43	51
[G,7]	45	44	46	44	45	53	47	46	47	46	46	37,0 - 55,0	46	56
[G,8]	46	45	45	44	45	43	48	42	41	50	45	36,0 - 54,0	45	54
[G,9]	45	42	42	43	43	45	44	45	46	48	44	35,5 - 52,5	44	52
[G,10]	39	46	43	44	41	42	48	46	42	45	44	35,5 - 52,5	44	52
[G,11]	54	44	45	48	43	39	43	46	41	38	44	35,5 - 52,5	43	51
[G,12]	39	41	40	37	36	41	42	38	39	40	39	31,5 - 46,5	39	44

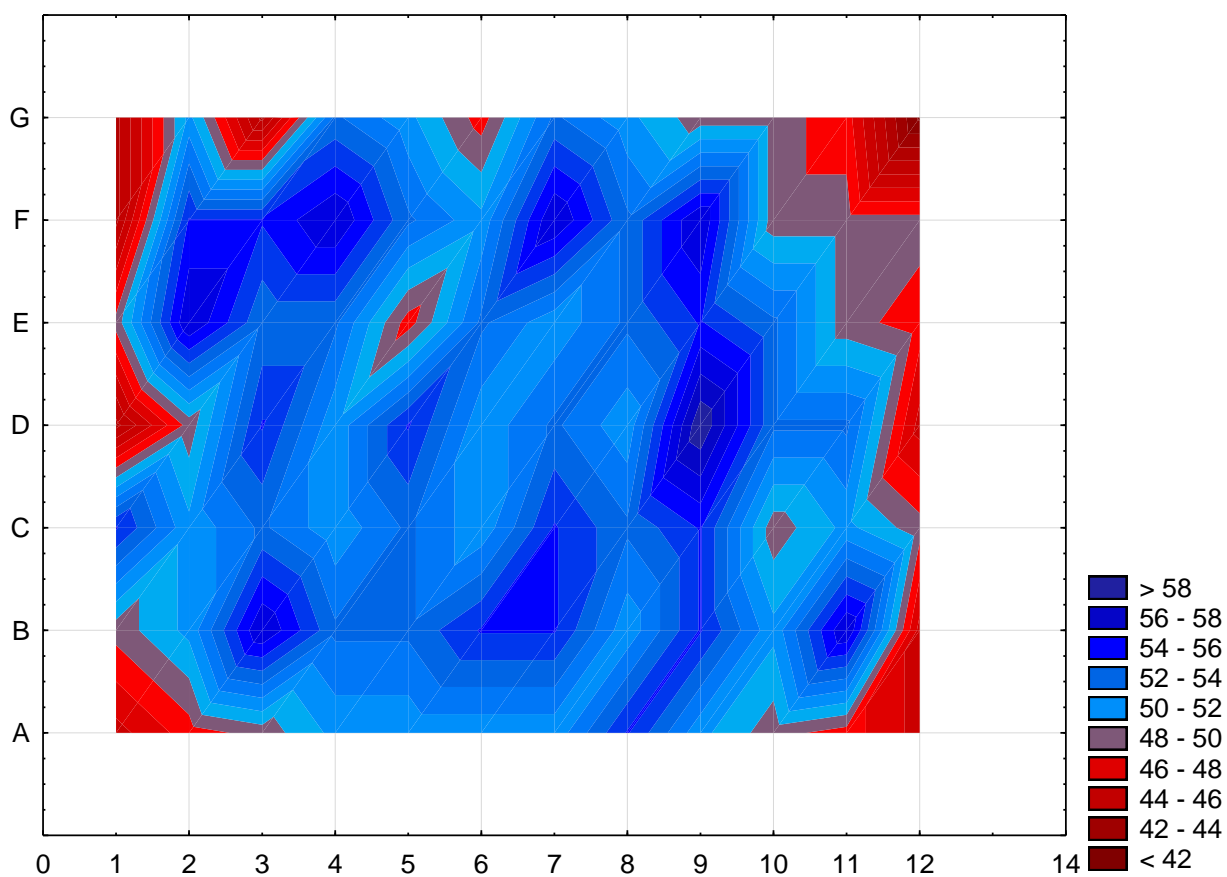
Tabulka hodnot f_{be} [MPa] desky P5							
Body	A	B	C	D	E	F	G
1	46,6	49,4	55,1	44,7	49,4	44,7	44,7
2	48,5	51,3	51,3	49,4	57,0	55,1	51,3
3	49,4	57,0	53,2	55,1	53,2	55,1	44,7
4	51,3	53,2	51,3	51,3	53,2	57,0	53,2
5	51,3	53,2	53,2	55,1	48,5	53,2	51,3
6	51,3	55,1	51,3	51,3	53,2	51,3	48,5
7	51,3	55,1	55,1	53,2	51,3	57,0	53,2
8	55,1	51,3	53,2	51,3	53,2	53,2	51,3
9	51,3	55,1	55,1	58,9	55,1	57,0	49,4
10	49,4	51,3	49,4	53,2	53,2	49,4	49,4
11	48,5	57,0	51,3	53,2	49,4	49,4	48,5
12	46,6	46,6	49,4	46,6	48,5	49,4	41,8

Pro zpřesnění výsledku pevnosti betonu v tlaku se musí každá hodnota f_{be} vynásobit součinitelem α_h zohledňujícím stáří betonu a součinitelem α_w zohledňujícím vlhkost betonu.

α_h	0,95
α_w	1,00

Průměr	51,57
Směrodatná odchylka	3,33
Variační Koefficient	6,47

Graf fbe pro desku P5 - Schmidt Normal [MPa]



Vyhodnocení podle tvrdoměru SilverSchmidt L

Deska P5 -SilverSchmidt typ L															
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %		φnový	fbe
[A,1]	49	53,5	52	56	50	50	64	51	61	63	55	44,0	- 66,0	55	64
[A,2]	51	54,5	60,5	61	53,5	56,5	55,5	60,5	52,5	56,5	56	45,0	- 67,0	56	69
[A,3]	66	64,5	52	55	61	62	60	59,5	59,5	55	59	47,5	- 70,5	59	83
[A,4]	54	56	67	57	60	61,5	67,5	60	62	55	60	48,0	- 72,0	60	89
[A,5]	55	57,5	60,5	59,5	54,5	56,5	54	59	56,5	61,5	57	46,0	- 68,0	57	73
[A,6]	54	52,5	58	61	56	62	63,5	60	56,5	57	58	46,5	- 69,5	58	78
[A,7]	50	58	55,5	59,5	62	58	58,5	57	58	61	58	46,5	- 69,5	58	78
[A,8]	54,5	58,5	56,5	66	59,5	58,5	54	54,5	49,5	60,5	57	46,0	- 68,0	57	73
[A,9]	52,5	64	64	55	58,5	61,5	58,5	60	63,5	68	61	49,0	- 73,0	61	94
[A,10]	56,5	66,5	63	59	60	59	58,5	57,5	55,5	60,5	60	48,0	- 72,0	60	89
[A,11]	55	51,5	54,5	67	59	55	57	58	63,5	57,5	58	46,5	- 69,5	58	78
[A,12]	56,5	56	55	59,5	56,5	55,5	56	59	59	56	57	46,0	- 68,0	57	73

Deska P5 -SilverSchmidt typ L														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	fbe
[B,1]	55,5	56	62,5	61	62	62,5	57	59,5	61	56	59	47,5 - 70,5	59	83
[B,2]	56	58	55	61	62,5	60	56,5	57	63	59	59	47,5 - 70,5	59	83
[B,3]	54,5	67	59,5	61,5	57	64,5	68	59	63	55,5	61	49,0 - 73,0	61	94
[B,4]	57,5	59	59	57,5	60	63,5	63	61,5	60	60,5	60	48,0 - 72,0	60	89
[B,5]	57,5	64,5	57,5	68,5	58	66	58	62	61	55	61	49,0 - 73,0	61	94
[B,6]	63,5	60,5	60,5	60	60,5	60,5	57,5	63	62	61,5	61	49,0 - 73,0	61	94
[B,7]	59,5	57,5	61,5	58,5	55	58	59,5	61	61	56,5	59	47,5 - 70,5	59	83
[B,8]	66,5	56,5	61,5	59,5	64,5	56,5	59	57,5	62,5	55,5	60	48,0 - 72,0	60	89
[B,9]	61	59	63,5	56,5	53	70,5	62,5	62,5	59,5	60,5	61	49,0 - 73,0	61	94
[B,10]	55,5	59	58,5	62,5	61	59	65	59	62	55,5	60	48,0 - 72,0	60	89
[B,11]	56,5	60,5	57	60	60,5	57	57	63	61	63	60	48,0 - 72,0	60	89
[B,12]	58,5	57	57	53,5	61,5	60	60,5	63	55	66,5	59	47,5 - 70,5	59	83

Deska P5 -SilverSchmidt typ L														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	fbe
[C,1]	54,5	56,5	55,5	53,5	54	54,5	53	57	56	64,5	56	45,0 - 67,0	56	69
[C,2]	60,5	53,5	59,5	58,5	57	53	58,5	55	62	50	57	46,0 - 68,0	57	73
[C,3]	53,5	60,5	58,5	63	57,5	59,5	63	68	64,5	56	60	48,0 - 72,0	60	89
[C,4]	56,5	54,5	57,5	63,5	55	59	61	53	57	52,5	57	46,0 - 68,0	57	73
[C,5]	51,5	58,5	58	58	62	54,5	56,5	61	65	57	58	46,5 - 69,5	58	78
[C,6]	62,5	54,5	59,5	63	60	51,5	56,5	59	59	64	59	47,5 - 70,5	59	83
[C,7]	57	59,5	57,5	61	55	56,5	57,5	59,5	58,5	55,5	58	46,5 - 69,5	58	78
[C,8]	57	56,5	57	58,5	58,5	60,5	58,5	62	57	61,5	59	47,5 - 70,5	59	83
[C,9]	54,5	57,5	56	57	62	61	62,5	61	64,5	60	60	48,0 - 72,0	60	89
[C,10]	62	52	53,5	52,5	49,5	52	49,5	58,5	54	54	54	43,5 - 64,5	54	60
[C,11]	50,5	50	50,5	56	67,5	62,5	65	60,5	63,5	55,5	58	46,5 - 69,5	58	78
[C,12]	51	53	51	56,5	57,5	53,5	53	59,5	48	55	54	43,5 - 64,5	54	60

Deska P5 -SilverSchmidt typ L														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	fbe
[D,1]	46,5	55	52	53,5	55,5	53	56,5	54	60	53	54	43,5 - 64,5	54	60
[D,2]	48,5	62,5	59,5	64	55	57,5	59	53,5	52	55,5	57	46,0 - 68,0	57	73
[D,3]	54	63	58,5	69,5	62,5	59	54	66	61	56	60	48,0 - 72,0	60	89
[D,4]	59,5	58,5	67,5	65,5	57	61	49	58,5	57	55	59	47,5 - 70,5	59	83
[D,5]	54	65	57	62,5	62	64	64,5	60,5	66,5	62,5	62	50,0 - 74,0	62	101
[D,6]	51	58	61	62	56,5	60	56	56,5	61,5	63,5	59	47,5 - 70,5	59	83
[D,7]	57	56	57	58	59	72	49	60	56,5	59,5	58	46,5 - 69,5	57	73
[D,8]	60	60	63,5	54	55,5	55	53	55	62	57	58	46,5 - 69,5	58	78
[D,9]	62,5	58	61	58	61,5	61,5	54,5	55,5	60,5	60	59	47,5 - 70,5	59	83
[D,10]	55	55	54,5	49	61,5	59	58,5	68	53,5	61,5	58	46,5 - 69,5	58	78
[D,11]	58,5	65	57	55,5	58	58,5	64	60,5	58,5	49,5	59	47,5 - 70,5	59	83
[D,12]	56	57	60	58	59,5	54	57	57,5	57,5	52	57	46,0 - 68,0	57	73

Deska P5 -SilverSchmidt typ L																
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %		φnový	fbe	
[E,1]	56	50	58,5	60	55	58,5	55,5	59	57,5	60	57	46,0	-	68,0	57	73
[E,2]	60	62	61	58	58	59,5	50	60	61	65	59	47,5	-	70,5	59	83
[E,3]	56	56,5	58,5	57	60,5	57	62,5	61,5	61	60,5	59	47,5	-	70,5	59	83
[E,4]	56	59,5	57	60	64	63,5	65	57	64,5	60	61	49,0	-	73,0	61	94
[E,5]	58	54	59	60,5	65,5	52	49,5	54	60	54,5	57	46,0	-	68,0	57	73
[E,6]	63,5	58	60	58	58,5	46,5	57,5	68,5	55	61,5	59	47,5	-	70,5	60	89
[E,7]	60	59,5	62	60	58,5	57	60	58,5	53,5	57	59	47,5	-	70,5	59	83
[E,8]	54	61,5	58	54,5	61	64	57,5	57,5	59	59	59	47,5	-	70,5	59	83
[E,9]	54,5	62,5	53,5	59	58	64,5	62,5	43,5	49	54	56	45,0	-	67,0	58	78
[E,10]	59	53,5	52,5	56,5	50	58,5	58,5	59	63,5	66,5	58	46,5	-	69,5	58	78
[E,11]	57	57	63	60,5	58,5	57,5	60,5	56,5	57	66,5	59	47,5	-	70,5	59	83
[E,12]	56	57	62	49,5	56,5	59,5	69,5	61,5	54	59	58	46,5	-	69,5	58	78

Deska P5 -SilverSchmidt typ L																
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %		φnový	fbe	
[F,1]	54,5	59,5	56	49,5	57	56,5	51	56	54,5	56,4	55	44,0	-	66,0	55	64
[F,2]	54,5	57	59	57,5	61	60	59,5	59	56	57,5	58	46,5	-	69,5	58	78
[F,3]	62	58	59	55	50,5	56	46	57	64	60,5	57	46,0	-	68,0	57	73
[F,4]	59	64	70	60	50,5	59,5	63,5	63	60,5	60,5	61	49,0	-	73,0	61	94
[F,5]	63,5	63	65,5	64,5	59	62,5	64,5	64	58,5	54,5	62	50,0	-	74,0	62	101
[F,6]	61	58	61,5	60,5	63,5	70,5	67	69,7	63,5	60,5	64	51,5	-	76,5	64	114
[F,7]	62	57,5	66	61	57,5	61	57	66	60,5	66,5	62	50,0	-	74,0	62	101
[F,8]	63	60,5	63	58,5	59,5	61,5	59,5	60	67	60	61	49,0	-	73,0	61	94
[F,9]	62	62,5	64	68,5	62	55,5	63,5	60,5	65	64,5	63	50,5	-	75,5	63	107
[F,10]	68,5	55	58	56,5	54	57	59	64	55	58,5	59	47,5	-	70,5	59	83
[F,11]	60,5	62	62,5	63	59,5	55	57,5	63,5	62	62	61	49,0	-	73,0	61	94
[F,12]	55,5	58	60	58	53,5	57	61,5	62,5	67,5	56	59	47,5	-	70,5	59	83

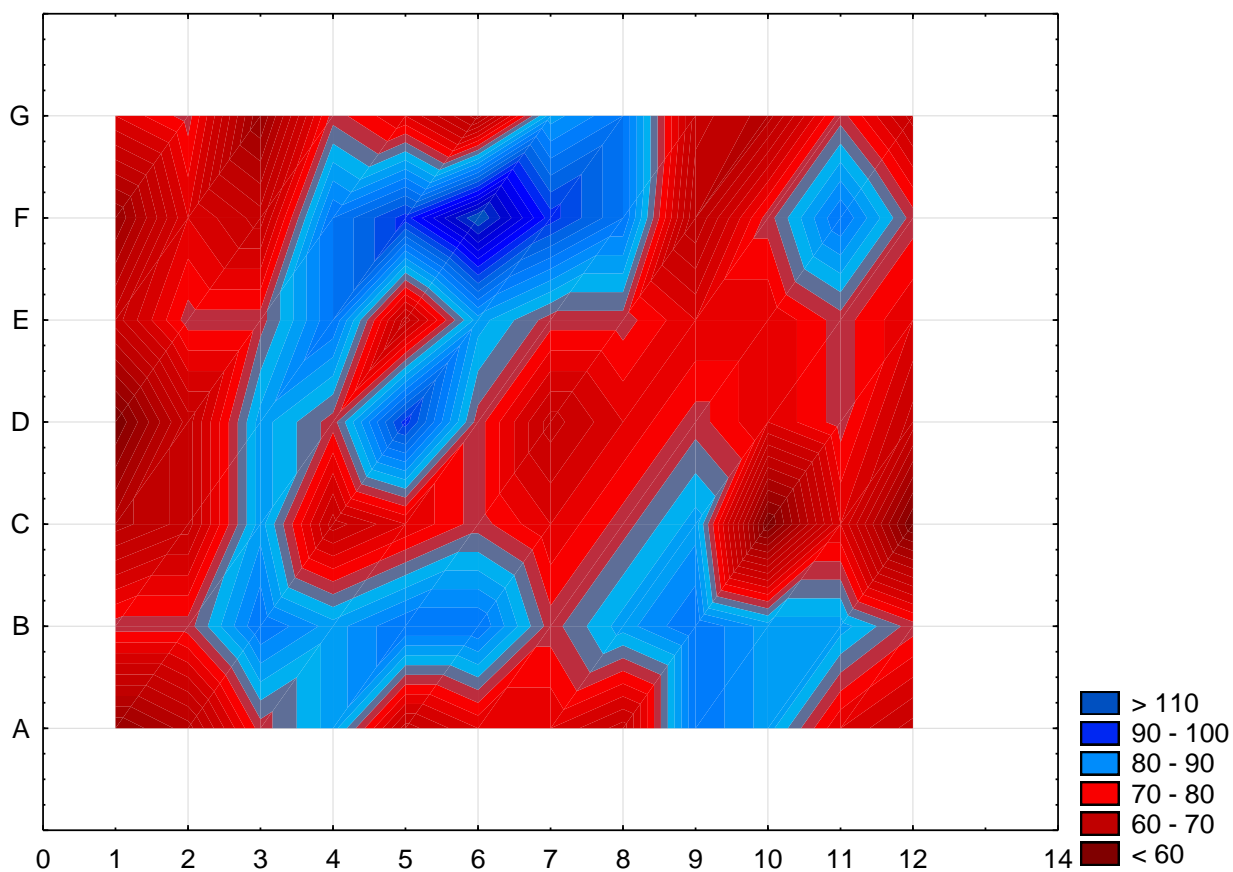
Deska P5 -SilverSchmidt typ L																
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %		φnový	fbe	
[G,1]	65	57,5	53,5	59,5	53,5	56,5	55	60	55,5	59,5	58	46,5	-	69,5	58	78
[G,2]	62	58	57	52,5	59	59	62	60	63	59	59	47,5	-	70,5	59	83
[G,3]	53	56	63	52,5	58,5	53,5	57,5	49,5	57,5	47,5	55	44,0	-	66,0	55	64
[G,4]	54,5	57	61,5	59,5	56,5	60	59,5	56,5	61,5	64	59	47,5	-	70,5	59	83
[G,5]	57,5	51	62	62	59,5	56	56,5	59,5	56	58	58	46,5	-	69,5	58	78
[G,6]	52	56	59,5	58	53,5	66	54,5	48,5	60,5	55,5	56	45,0	-	67,0	56	69
[G,7]	59	56	57,5	62,5	55	63,5	61,5	61	60	64	60	48,0	-	72,0	60	89
[G,8]	64	64	54,5	56,5	63	56,5	64,5	66,5	58	60,5	61	49,0	-	73,0	61	94
[G,9]	50,5	57,5	55	57,5	54,5	55	56,5	59	62,5	57	57	46,0	-	68,0	57	73
[G,10]	57,5	51	59,5	57	63,5	56,5	60	51,5	52,5	54	56	45,0	-	67,0	56	69
[G,11]	53,5	57	62	62,5	64	61,5	57	58	59,5	57,5	59	47,5	-	70,5	59	83
[G,12]	52,5	54,5	59,5	54,5	42,5	63	63,5	53,5	55	56,5	56	45,0	-	67,0	57	73

Tabulka hodnot f_{be} [MPa] desky P5							
Body	A	B	C	D	E	F	G
1	64	83	69	60	73	64	78
2	69	83	73	73	83	78	83
3	83	94	89	89	83	73	64
4	89	89	73	83	94	94	83
5	73	94	78	101	73	101	78
6	78	94	83	83	89	114	69
7	78	83	78	73	83	101	89
8	73	89	83	78	83	94	94
9	94	94	89	83	78	107	73
10	89	89	60	78	78	83	69
11	78	89	78	83	83	94	83
12	73	83	60	73	78	83	73

Hodnota f_{be} pevnosti v tlaku
s nezaručenou přesností se pro
SilverSchmidt L určí ze vztahu
 $f_{be} = 1,9368e^{0,0637x}$
kde x je v tabulce značená jako $\phi_{nový}$.

Průměr	81,83
Směrodatná odchylka	10,36
Variační Koefficient	12,66

Graf f_{be} pro desku P5 - SilverSchmidt [MPa]



PŘÍLOHA F – VYHODNOCENÍ DESKY P6 (900 °C)

Vyhodnocení podle Schmidtova tvrdoměru N

Deska P6 (900 °C) - Schmidův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	f_{be}
[A,1]	43	34	37	32	38	35	39	36	37	35	37	30,0 - 44,0	37	41
[A,2]	36	37	41	41	43	40	37	36	46	41	40	32,0 - 48,0	40	46
[A,3]	41	41	42	42	44	43	47	38	42	40	42	34,0 - 50,0	42	49
[A,4]	40	41	43	42	43	41	41	41	43	52	43	34,5 - 51,5	42	49
[A,5]	43	38	38	40	41	41	46	45	41	43	42	34,0 - 50,0	42	49
[A,6]	48	42	42	43	41	39	42	43	40	41	42	34,0 - 50,0	42	49
[A,7]	45	34	40	44	43	39	38	42	40	39	40	32,0 - 48,0	40	46
[A,8]	38	42	47	41	42	44	41	41	42	39	42	34,0 - 50,0	42	49
[A,9]	36	34	41	41	38	42	44	40	39	41	40	32,0 - 48,0	40	46
[A,10]	47	42	39	37	42	40	43	45	38	48	42	34,0 - 50,0	42	49
[A,11]	40	43	44	37	40	40	41	40	37	43	41	33,0 - 49,0	41	47
[A,12]	42	39	40	37	40	43	36	34	37	35	38	30,5 - 45,5	38	42

Deska P6 (900 °C) - Schmidův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	f_{be}
[B,1]	40	32	37	43	42	46	41	41	39	37	40	32,0 - 48,0	40	46
[B,2]	38	43	42	44	42	43	47	39	48	41	43	34,5 - 51,5	43	51
[B,3]	40	44	38	46	45	43	43	42	46	45	43	34,5 - 51,5	43	51
[B,4]	50	44	48	52	45	44	42	42	46	42	46	37,0 - 55,0	46	56
[B,5]	45	48	39	41	44	43	43	46	45	40	43	34,5 - 51,5	43	51
[B,6]	42	40	44	43	42	44	47	43	42	45	43	34,5 - 51,5	43	51
[B,7]	43	44	44	42	39	44	46	54	48	51	46	37,0 - 55,0	46	56
[B,8]	46	42	45	46	45	40	41	41	40	44	43	34,5 - 51,5	43	51
[B,9]	43	45	40	45	40	44	41	40	44	42	42	34,0 - 50,0	42	49
[B,10]	46	44	43	47	43	42	41	40	42	41	43	34,5 - 51,5	43	51
[B,11]	40	44	46	42	42	42	45	45	44	39	43	34,5 - 51,5	43	51
[B,12]	40	41	42	40	39	39	44	38	36	40	40	32,0 - 48,0	40	46

Deska P6 (900 °C) - Schmidtův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	fbe
[C,1]	42	43	47	42	41	38	42	43	41	38	42	34,0 - 50,0	42	49
[C,2]	46	45	44	44	41	41	45	42	41	44	43	34,5 - 51,5	43	51
[C,3]	44	46	35	44	41	45	46	44	43	45	43	34,5 - 51,5	43	51
[C,4]	48	35	45	48	47	44	42	51	42	44	45	36,0 - 54,0	46	56
[C,5]	38	51	39	45	42	43	41	49	54	42	44	35,5 - 52,5	43	51
[C,6]	41	43	42	42	42	48	41	52	45	41	44	35,5 - 52,5	44	52
[C,7]	43	44	40	41	48	43	40	39	42	47	43	34,5 - 51,5	43	51
[C,8]	43	43	44	42	39	41	45	45	41	39	42	34,0 - 50,0	42	49
[C,9]	44	44	42	41	41	43	44	45	44	40	43	34,5 - 51,5	43	51
[C,10]	41	43	49	43	40	44	41	43	43	45	43	34,5 - 51,5	43	51
[C,11]	47	40	45	43	43	44	41	42	40	45	43	34,5 - 51,5	43	51
[C,12]	48	41	44	40	39	40	43	37	45	39	42	34,0 - 50,0	42	49

Deska P6 (900 °C) - Schmidtův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	fbe
[D,1]	44	41	44	37	40	43	41	46	41	50	43	34,5 - 51,5	43	51
[D,2]	43	44	43	41	44	44	42	45	45	43	43	34,5 - 51,5	43	51
[D,3]	40	45	45	47	42	42	40	40	41	39	42	34,0 - 50,0	42	49
[D,4]	48	45	48	44	47	45	49	46	42	43	46	37,0 - 55,0	46	56
[D,5]	46	41	43	47	45	43	42	42	45	47	44	35,5 - 52,5	44	52
[D,6]	44	45	47	42	45	45	41	43	42	49	44	35,5 - 52,5	44	52
[D,7]	44	39	41	43	39	47	38	48	45	45	43	34,5 - 51,5	43	51
[D,8]	42	49	43	54	42	44	42	43	41	46	45	36,0 - 54,0	45	54
[D,9]	43	43	45	46	44	44	42	43	43	45	44	35,5 - 52,5	44	52
[D,10]	45	42	47	44	45	43	42	49	43	40	44	35,5 - 52,5	44	52
[D,11]	44	45	44	44	43	45	39	41	45	41	43	34,5 - 51,5	43	51
[D,12]	40	37	42	39	41	40	41	40	43	42	41	33,0 - 49,0	41	47

Deska P6 (900 °C) - Schmidtův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	fbe
[E,1]	40	46	41	42	42	43	35	40	43	42	41	33,0 - 49,0	41	47
[E,2]	44	40	42	45	46	45	48	44	45	52	45	36,0 - 54,0	45	54
[E,3]	42	44	39	41	47	43	56	42	41	47	44	35,5 - 52,5	43	51
[E,4]	42	56	45	44	56	43	43	38	45	46	46	37,0 - 55,0	43	51
[E,5]	45	48	47	44	46	45	46	44	42	44	45	36,0 - 54,0	45	54
[E,6]	42	40	43	47	50	45	46	44	41	46	44	35,5 - 52,5	44	52
[E,7]	45	43	41	47	44	43	50	48	41	44	45	36,0 - 54,0	45	54
[E,8]	43	41	44	43	44	40	44	45	40	41	43	34,5 - 51,5	43	51
[E,9]	44	50	43	42	41	46	43	44	45	43	44	35,5 - 52,5	44	52
[E,10]	44	42	40	41	41	44	40	45	42	47	43	34,5 - 51,5	43	51
[E,11]	47	41	42	45	42	44	47	43	48	51	45	36,0 - 54,0	45	54
[E,12]	41	40	42	42	40	40	41	43	39	39	41	33,0 - 49,0	41	47

Deska P6 (900 °C) - Schmidtův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	f_{be}
[F,1]	44	44	40	41	45	43	44	41	42	41	43	34,5 - 51,5	43	51
[F,2]	42	40	52	44	42	45	43	44	59	44	46	37,0 - 55,0	44	52
[F,3]	46	43	44	44	43	46	48	51	50	45	46	37,0 - 55,0	46	56
[F,4]	39	43	44	42	47	44	43	45	43	40	43	34,5 - 51,5	43	51
[F,5]	42	40	41	45	44	41	45	44	42	41	43	34,5 - 51,5	43	51
[F,6]	45	52	45	41	39	46	38	43	42	41	43	34,5 - 51,5	42	49
[F,7]	44	45	45	44	45	47	45	45	42	54	46	37,0 - 55,0	46	56
[F,8]	43	44	43	51	40	42	44	44	43	45	44	35,5 - 52,5	44	52
[F,9]	42	45	43	46	44	49	41	55	44	38	45	36,0 - 54,0	44	52
[F,10]	51	47	43	44	43	43	44	43	42	43	44	35,5 - 52,5	44	52
[F,11]	42	44	43	45	40	38	42	41	47	45	43	34,5 - 51,5	43	51
[F,12]	42	44	42	43	43	49	44	40	43	41	43	34,5 - 51,5	43	51

Deska P6 (900 °C) - Schmidtův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	f_{be}
[G,1]	39	34	39	39	39	42	39	39	39	40	39	31,5 - 46,5	39	44
[G,2]	46	43	40	41	43	41	41	41	38	41	42	34,0 - 50,0	42	49
[G,3]	49	44	43	47	39	51	49	41	50	42	46	37,0 - 55,0	46	56
[G,4]	40	44	41	43	40	41	42	41	42	44	42	34,0 - 50,0	42	49
[G,5]	43	41	44	45	43	43	47	41	40	39	43	34,5 - 51,5	43	51
[G,6]	41	40	40	41	43	40	39	44	39	39	41	33,0 - 49,0	41	47
[G,7]	39	43	39	40	52	52	51	45	49	43	45	36,0 - 54,0	45	54
[G,8]	45	38	45	40	39	41	42	47	42	36	42	34,0 - 50,0	42	49
[G,9]	46	40	39	48	41	43	42	50	42	43	43	34,5 - 51,5	43	51
[G,10]	46	43	43	42	43	51	41	44	44	49	45	36,0 - 54,0	45	54
[G,11]	45	45	45	39	37	45	38	39	39	42	41	33,0 - 49,0	41	47
[G,12]	39	41	42	40	41	37	38	35	34	38	39	31,5 - 46,5	39	44

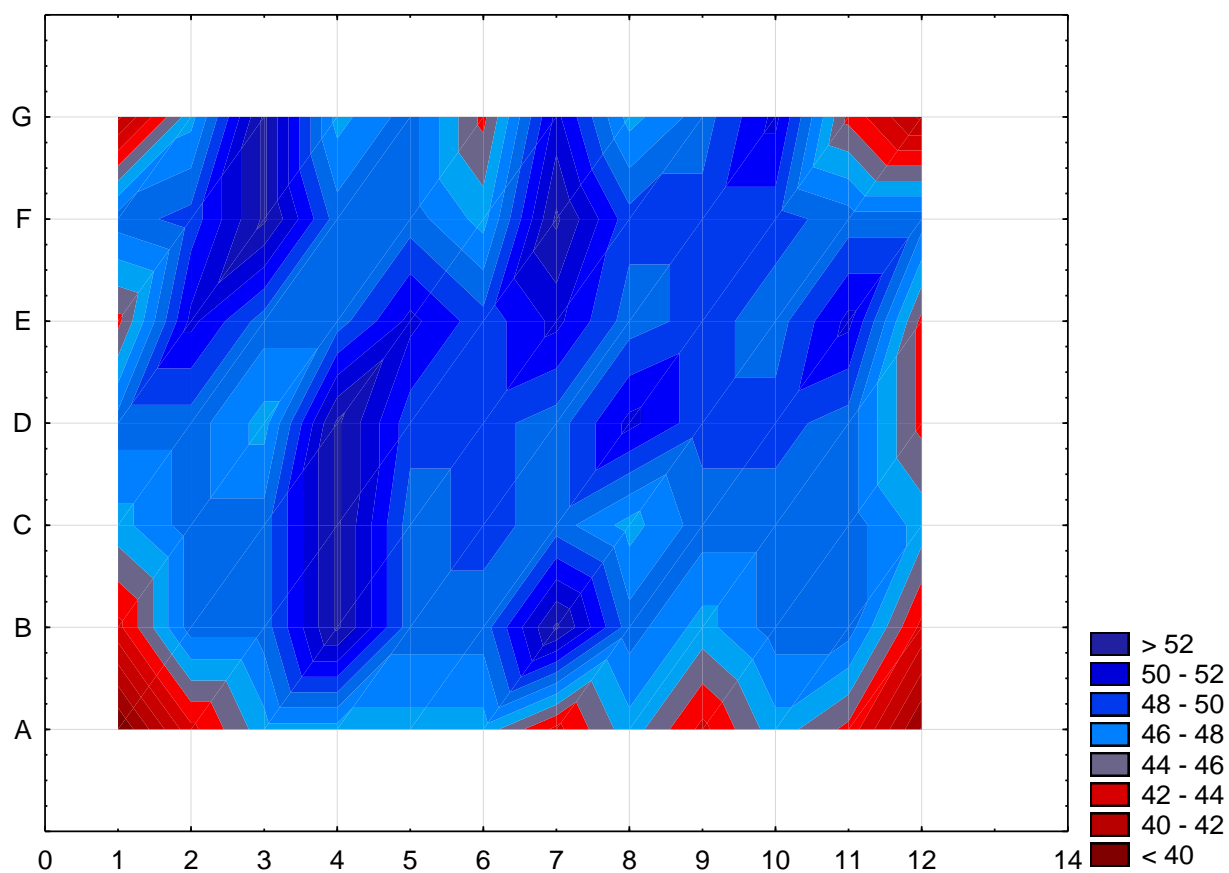
Tabulka hodnot f_{be} [MPa] desky P6 (900 °C)							
Body	A	B	C	D	E	F	G
1	39,0	43,7	46,6	48,5	44,7	48,5	41,8
2	43,7	48,5	48,5	48,5	51,3	49,4	46,6
3	46,6	48,5	48,5	46,6	48,5	53,2	53,2
4	46,6	53,2	53,2	53,2	48,5	48,5	46,6
5	46,6	48,5	48,5	49,4	51,3	48,5	48,5
6	46,6	48,5	49,4	49,4	49,4	46,6	44,7
7	43,7	53,2	48,5	48,5	51,3	53,2	51,3
8	46,6	48,5	46,6	51,3	48,5	49,4	46,6
9	43,7	46,6	48,5	49,4	49,4	49,4	48,5
10	46,6	48,5	48,5	49,4	48,5	49,4	51,3
11	44,7	48,5	48,5	48,5	51,3	48,5	44,7
12	39,9	43,7	46,6	44,7	44,7	48,5	41,8

Pro zpřesnění výsledku pevnosti betonu v tlaku se musí každá hodnota f_{be} vynásobit součinitelem α_h zohledňujícím stáří betonu a součinitelem α_w zohledňujícím vlhkost betonu.

α_h	0,95
α_w	1,00

Průměr	47,94
Směrodatná odchylka	2,90
Variační Koefficient	6,06

Graf f_{be} pro desku P6 (900 °C)- Schmidt Normal [MPa]



Vyhodnocení podle tvrdoměru SilverSchmidt L

Deska P6 (900 °C) -SilverSchmidt typ L																
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$		$\phi_{nový}$	f_{be}	
[A,1]	51,5	44,5	51	50	45	48,5	46,5	50	45	54,5	49	39,5	- 58,5	49	44	
[A,2]	59,5	53,5	65	52,5	49,5	62	60,5	51	59	61,5	57	46,0	- 68,0	57	73	
[A,3]	58	53	54	65	61,5	58	53	55	67,5	55	58	46,5	- 69,5	58	78	
[A,4]	59,5	63,5	66,5	66	57,5	57	57,5	58,5	58	55,5	60	48,0	- 72,0	60	89	
[A,5]	52	56	55	56,5	50	61,5	70	63,5	55,5	58	58	46,5	- 69,5	56	69	
[A,6]	59,5	64	49,5	60,5	59,5	63,5	57,5	59,5	67,5	48	59	47,5	- 70,5	59	83	
[A,7]	53	57	60,5	53,5	57,5	54,5	59,5	50,5	60,5	59,5	57	46,0	- 68,0	57	73	
[A,8]	47	63,5	55	57	57	52,5	52	54,5	56,5	55	55	44,0	- 66,0	55	64	
[A,9]	58	58	55	62,5	58	51	56,5	55,5	56	54,5	57	46,0	- 68,0	57	73	
[A,10]	52	52	48	59,5	57	55	64,5	53	54,5	55,5	55	44,0	- 66,0	55	64	
[A,11]	56,5	56	55	58	57	57,5	55	57	55	56	56	45,0	- 67,0	56	69	
[A,12]	54,5	62	53	50	53,5	50,5	55	50	65,5	64	56	45,0	- 67,0	56	69	

Deska P6 (900 °C) -SilverSchmidt typ L															
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	f _{be}	
[B,1]	45,5	52	47,5	57	59	51	55,5	54	49,5	50,5	52	42,0 - 62,0	52	53	
[B,2]	52,5	54,5	57,5	56	59,5	59,5	54	56,5	58	57	57	46,0 - 68,0	57	73	
[B,3]	67	55,5	53,5	59,5	57,5	56,5	57,5	59	55	60,5	58	46,5 - 69,5	58	78	
[B,4]	57,5	59,5	52,5	53,5	57	50	61	57,5	55,5	50,5	55	44,0 - 66,0	55	64	
[B,5]	55,5	53,5	55	55	51,5	57	54	53,5	72	53,5	56	45,0 - 67,0	54	60	
[B,6]	50,5	60	56,5	56,5	57	58,5	53,5	56	48,5	59,5	56	45,0 - 67,0	56	69	
[B,7]	52,5	58	59	56	51,5	57	56,5	57,5	50	56	55	44,0 - 66,0	55	64	
[B,8]	51	52	57	56	56	56,5	55	53	49,5	55	54	43,5 - 64,5	54	60	
[B,9]	57	55,5	58	58	57,5	59	60,5	55,5	57	59	58	46,5 - 69,5	58	78	
[B,10]	55,5	54	59,5	57,5	60	59,5	65	57	56	59	58	46,5 - 69,5	58	78	
[B,11]	50,5	54	61,5	58	54,5	57	56	57	51	51,5	55	44,0 - 66,0	55	64	
[B,12]	58	52	52	49,5	48	66	51,5	61,5	57,5	58	55	44,0 - 66,0	55	64	

Deska P6 (900 °C) -SilverSchmidt typ L															
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	f _{be}	
[C,1]	53	53	57,5	55,5	55	56	54	57,5	56,5	62	56	45,0 - 67,0	56	69	
[C,2]	52,5	66,5	58	54,5	54	49,5	51,5	50	54,5	50,5	54	43,5 - 64,5	53	57	
[C,3]	61	49	58	51,5	58,5	59,5	55,5	55,5	57	59	56	45,0 - 67,0	56	69	
[C,4]	57	57,5	58	60,5	51	62	63	57	58,5	56,5	58	46,5 - 69,5	58	78	
[C,5]	52,5	52,5	54,5	50	50	64,5	62	50,5	49	48	53	42,5 - 63,5	52	53	
[C,6]	44,5	50,5	61	54,5	57	54	63	68,5	49	60	56	45,0 - 67,0	56	69	
[C,7]	50,5	54,5	48,5	54	51	52,5	57,5	50,5	52	54	53	42,5 - 63,5	53	57	
[C,8]	54	51	54	54	64,5	50,5	56	52,5	54	52,5	54	43,5 - 64,5	54	60	
[C,9]	56	49	56,5	52	60	56	53,5	50,5	50,5	52	54	43,5 - 64,5	54	60	
[C,10]	49	53	61	55,5	55	57,5	55,5	53,5	57	57	55	44,0 - 66,0	55	64	
[C,11]	60	55,5	52,5	47,5	53	59	53,5	56,5	57	58,5	55	44,0 - 66,0	55	64	
[C,12]	57,5	52	55	52,5	51,5	57	49,5	58	59,5	60,5	55	44,0 - 66,0	55	64	

Deska P6 (900 °C) -SilverSchmidt typ L															
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	f _{be}	
[D,1]	50	48	50,5	42	46	49	47,5	63	54,5	49	50	40,0 - 60,0	49	44	
[D,2]	54,5	55,5	53	60	57	55,5	60,5	49	62	56,5	56	45,0 - 67,0	56	69	
[D,3]	50,5	56,5	59,5	51	49	61,5	58,5	55	52	52,5	55	44,0 - 66,0	55	64	
[D,4]	58,5	63	62	55,5	58,5	59	60,5	56	62,5	60,5	60	48,0 - 72,0	60	89	
[D,5]	56,5	52,5	62	65,5	58,5	62	53	57,5	56	59,5	58	46,5 - 69,5	58	78	
[D,6]	56,5	54,5	55	55	54,5	54	59	63	52	68	57	46,0 - 68,0	57	73	
[D,7]	51	59,5	64	68,5	50	62,5	57	54	63	62,5	59	47,5 - 70,5	59	83	
[D,8]	48,5	54	55,5	55,5	61,5	66,5	61,5	55	55,5	59	57	46,0 - 68,0	57	73	
[D,9]	49,5	58,5	56,5	55,5	57,5	62,5	43,5	63,5	56	52,5	56	45,0 - 67,0	57	73	
[D,10]	50	54	61,5	55,5	52	52,5	52	62	50,5	59	55	44,0 - 66,0	55	64	
[D,11]	54,5	54,5	55	57,5	52	53,5	56,5	56	57,5	52	55	44,0 - 66,0	55	64	
[D,12]	56	56,5	56	50,5	52,5	54	59	50	58,5	51	54	43,5 - 64,5	54	60	

Deska P6 (900 °C) -SilverSchmidt typ L															
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	f _{be}	
[E,1]	49	62	51	58,5	63,5	58	55,5	57	55,5	52	56	45,0 - 67,0	56	69	
[E,2]	55	52,5	57	57,5	57	55	58,5	45,5	62,5	54	55	44,0 - 66,0	55	64	
[E,3]	52	69	60,5	65	58	58	61,5	60	57,5	56,5	60	48,0 - 72,0	60	89	
[E,4]	53,5	60	64	57	53,5	58,5	59,5	56	62,5	60,5	59	47,5 - 70,5	59	83	
[E,5]	56,5	51,5	55,5	56	59,5	59,5	54	59	59	58	57	46,0 - 68,0	57	73	
[E,6]	52,5	58	62	57,5	70	55,5	61	61	62,5	52	59	47,5 - 70,5	59	83	
[E,7]	58	54	57,5	56	54,5	61	62,5	60,5	59,5	58,5	58	46,5 - 69,5	58	78	
[E,8]	57,5	55,5	60,5	50	57	56,5	55,5	59	51,5	53	56	45,0 - 67,0	56	69	
[E,9]	50,5	53,5	55,5	52,5	44,5	52,5	60	72	59	63,5	56	45,0 - 67,0	56	69	
[E,10]	50	53	53	51,5	48	54	52,5	56,5	53	59,5	53	42,5 - 63,5	53	57	
[E,11]	64	60,5	63	55,5	57,5	55,5	54	61,5	57,5	56	59	47,5 - 70,5	59	83	
[E,12]	52	52	54	57	59,5	53	52,5	57	52	62,5	55	44,0 - 66,0	55	64	

Deska P6 (900 °C) -SilverSchmidt typ L															
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	f _{be}	
[F,1]	57,5	57	52,5	51	51,5	59,5	53,5	57,5	52	59	55	44,0 - 66,0	55	64	
[F,2]	57	62	57,5	51,5	59,5	51	54,5	66	57,5	49,5	57	46,0 - 68,0	57	73	
[F,3]	52,5	62	55,5	54	58	57,5	53,5	53,5	52,5	55,5	55	44,0 - 66,0	55	64	
[F,4]	59,5	63,5	59	60,5	59	58,5	59,5	56,5	60,5	58	59	47,5 - 70,5	59	83	
[F,5]	55,5	54,5	58	70	59,5	55	61	58,5	55	55,5	58	46,5 - 69,5	57	73	
[F,6]	53	51	51,5	55,5	59	52	49,5	52	53	55	53	42,5 - 63,5	53	57	
[F,7]	54,5	51,5	51	68,5	54	55	56	51,5	58	53,5	55	44,0 - 66,0	54	60	
[F,8]	58,5	54,5	54	52,5	51	47,5	50	50	48,5	57	52	42,0 - 62,0	52	53	
[F,9]	59,5	57,5	50,5	51,5	52,5	48,5	54,5	50,5	59	49	53	42,5 - 63,5	53	57	
[F,10]	56,5	58,5	59,5	59	56,5	57,5	54,5	55,5	51,5	61	57	46,0 - 68,0	57	73	
[F,11]	64,5	54,5	64	55	57	53	52	53	53,5	60	57	46,0 - 68,0	57	73	
[F,12]	55,5	46,5	62,5	59	54	61	60,5	67	65	54,5	59	47,5 - 70,5	60	89	

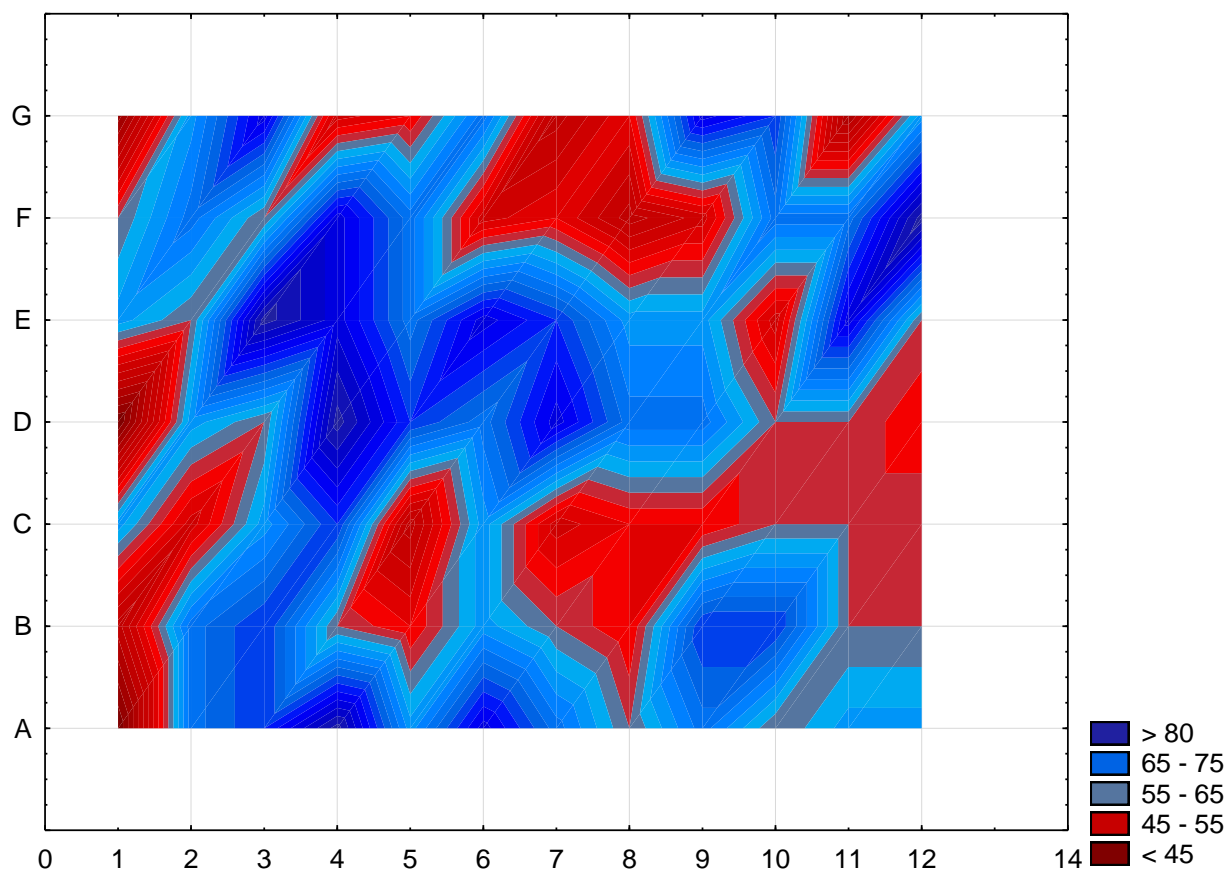
Deska P6 (900 °C) -SilverSchmidt typ L															
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	f _{be}	
[G,1]	57	44	56	44,5	47	50	53,5	52,5	49	50,5	50	40,0 - 60,0	50	47	
[G,2]	57	49,5	55	56	57	54	55,5	56,5	56	63,5	56	45,0 - 67,0	56	69	
[G,3]	69,5	58	68	59	53	52,5	56,5	63	56,5	57,5	59	47,5 - 70,5	59	83	
[G,4]	51,5	52	50	58	54	57	51	50,5	55,5	48,5	53	42,5 - 63,5	53	57	
[G,5]	42	54,5	58,5	56,5	54,5	58	53,5	47,5	49,5	56	53	42,5 - 63,5	54	60	
[G,6]	53	56	59	48	60	58,5	54	58,5	60	63	57	46,0 - 68,0	57	73	
[G,7]	49,5	53	55,5	49,5	50	51,5	48	51	52	55	52	42,0 - 62,0	52	53	
[G,8]	55	58,5	48	52,5	52,5	57	55	50,5	52	59,5	54	43,5 - 64,5	54	60	
[G,9]	68	58,5	63	52	55,5	55,5	59	66,5	57,5	58	59	47,5 - 70,5	59	83	
[G,10]	54	50,5	58,5	53	67,5	62	62	55,5	53,5	61,5	58	46,5 - 69,5	58	78	
[G,11]	54,5	54	48	48,5	54,5	55,5	50,5	43,5	64,5	46,5	52	42,0 - 62,0	51	50	
[G,12]	57,5	58,5	61	58	55,5	50,5	58	56	57	46	56	45,0 - 67,0	56	69	

Tabulka hodnot f_{be} [MPa] desky P6 (900 °C)							
Body	A	B	C	D	E	F	G
1	44	53	69	44	69	64	47
2	73	73	57	69	64	73	69
3	78	78	69	64	89	64	83
4	89	64	78	89	83	83	57
5	69	60	53	78	73	73	60
6	83	69	69	73	83	57	73
7	73	64	57	83	78	60	53
8	64	60	60	73	69	53	60
9	73	78	60	73	69	57	83
10	64	78	64	64	57	73	78
11	69	64	64	64	83	73	50
12	69	64	64	60	64	89	69

Hodnota f_{be} pevnosti v tlaku
s nezaručenou přesností se pro
SilverSchmidt L určí ze vztahu
 $f_{be} = 1,9368e^{0,0637x}$
kde x je v tabulce značená jako $\phi_{nový}$.

Průměr	68,26
Směrodatná odchylka	10,28
Variační Koefficient	15,06

Graf f_{be} pro desku P6 (900 °C) - SilverSchmidt [MPa]



PŘÍLOHA G – VYHODNOCENÍ DESKY P7 (1000 °C)

Vyhodnocení podle Schmidtova tvrdoměru N

Deska P7 (1000 °C) - Schmidův tvrdoměr typu N															
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %	φ _{nový}	f _{be}	
[A,1]	39	39	31	31	37	39	39	36	37	39	37	30,0 - 44,0	37	41	
[A,2]	39	37	43	41	40	40	37	41	38	43	40	32,0 - 48,0	40	46	
[A,3]	45	41	43	47	45	38	44	46	48	47	44	35,5 - 52,5	44	52	
[A,4]	45	50	44	44	43	41	40	37	45	39	43	34,5 - 51,5	43	51	
[A,5]	49	44	44	44	44	39	40	44	47	46	44	35,5 - 52,5	44	52	
[A,6]	47	46	30	33	48	46	39	40	43	39	41	33,0 - 49,0	42	49	
[A,7]	44	38	50	50	44	43	45	41	45	43	44	35,5 - 52,5	44	52	
[A,8]	47	51	43	53	48	44	42	44	41	39	45	36,0 - 54,0	45	54	
[A,9]	45	48	46	47	38	46	46	45	47	44	45	36,0 - 54,0	45	54	
[A,10]	48	44	40	46	40	41	39	41	38	38	42	34,0 - 50,0	42	49	
[A,11]	32	36	42	36	40	40	42	32	40	42	38	30,5 - 45,5	38	42	
[A,12]	31	35	33	38	36	37	38	34	34	37	35	28,0 - 42,0	35	37	

Deska P7 (1000 °C) - Schmidův tvrdoměr typu N															
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %	φ _{nový}	f _{be}	
[B,1]	38	37	37	36	38	35	34	37	36	37	37	30,0 - 44,0	37	41	
[B,2]	30	28	24	28	32	25	26	27	29	26	28	22,5 - 33,5	28	26	
[B,3]	31	27	23	24	25	26	24	25	24	26	26	21,0 - 31,0	26	22	
[B,4]	24	31	28	28	26	27	26	25	28	31	27	22,0 - 32,0	27	24	
[B,5]	27	25	31	28	27	24	26	27	25	27	27	22,0 - 32,0	27	24	
[B,6]	24	25	28	28	25	31	28	25	23	25	26	21,0 - 31,0	26	22	
[B,7]	24	25	26	25	26	26	23	27	28	24	25	20,0 - 30,0	25	21	
[B,8]	24	30	27	28	25	24	26	29	25	24	26	21,0 - 31,0	26	22	
[B,9]	27	31	24	25	25	23	27	27	26	24	26	21,0 - 31,0	26	22	
[B,10]	26	28	23	24	25	26	28	28	26	25	26	21,0 - 31,0	26	22	
[B,11]	24	30	25	22	27	25	26	28	28	26	26	21,0 - 31,0	26	22	
[B,12]	26	29	32	31	30	31	28	32	28	34	30	24,0 - 36,0	30	29	

Deska P7 (1000 °C) - Schmidtův tvrdoměr typu N															
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %	φ _{nový}	f _{be}	
[C,1]	39	41	40	39	41	43	45	39	35	42	40	32,0 - 48,0	40	46	
[C,2]	28	28	25	20	25	36	23	25	25	24	26	21,0 - 31,0	25	21	
[C,3]	30	26	29	25	23	22	24	26	25	25	26	21,0 - 31,0	26	22	
[C,4]	25	25	25	25	25	24	24	28	21	29	25	20,0 - 30,0	25	21	
[C,5]	28	22	26	28	27	25	28	25	25	30	26	21,0 - 31,0	26	22	
[C,6]	26	25	28	27	26	29	23	25	24	25	26	21,0 - 31,0	26	22	
[C,7]	27	25	26	24	26	29	24	24	26	27	26	21,0 - 31,0	26	22	
[C,8]	28	25	25	26	24	31	25	25	29	27	27	22,0 - 32,0	27	24	
[C,9]	33	29	24	25	25	28	27	28	27	25	27	22,0 - 32,0	26	22	
[C,10]	27	24	27	28	27	25	24	25	24	28	26	21,0 - 31,0	26	22	
[C,11]	26	25	25	23	28	26	25	25	24	28	26	21,0 - 31,0	26	22	
[C,12]	34	33	30	28	29	29	34	33	35	36	32	26,0 - 38,0	32	32	

Deska P7 (1000 °C) - Schmidtův tvrdoměr typu N																
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %		φ _{nový}	f _{be}	
[D,1]	43	37	41	45	38	38	46	43	43	38	41	33,0 - 49,0	41	47		
[D,2]	30	22	23	24	24	23	26	28	24	24	25	20,0 - 30,0	25	21		
[D,3]	25	24	29	28	24	25	29	26	24	25	26	21,0 - 31,0	26	22		
[D,4]	25	26	25	27	24	28	23	24	25	29	26	21,0 - 31,0	26	22		
[D,5]	23	26	23	25	24	24	21	20	21	21	23	18,5 - 27,5	23	X		
[D,6]	27	24	21	24	27	31	23	27	24	28	26	21,0 - 31,0	26	22		
[D,7]	30	26	26	28	26	25	25	27	24	29	27	22,0 - 32,0	27	24		
[D,8]	24	24	23	25	26	26	26	27	22	22	25	20,0 - 30,0	25	21		
[D,9]	28	24	25	33	30	24	28	23	34	28	28	22,5 - 33,5	27	24		
[D,10]	27	26	29	32	28	26	33	28	34	26	29	23,5 - 34,5	29	27		
[D,11]	24	27	31	25	25	29	27	27	29	24	27	22,0 - 32,0	27	24		
[D,12]	38	37	33	33	34	39	39	40	38	37	37	30,0 - 44,0	37	41		

Deska P7 (1000 °C) - Schmidtův tvrdoměr typu N															
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	±20 %	ϕ _{nový}	f _{be}	
[E,1]	36	34	37	38	41	40	40	34	41	38	38	30,5 - 45,5	38	42	
[E,2]	25	28	24	26	24	30	24	25	24	24	25	20,0 - 30,0	25	21	
[E,3]	27	28	30	23	24	26	24	26	22	28	26	21,0 - 31,0	26	22	
[E,4]	26	23	23	25	28	25	27	23	30	27	26	21,0 - 31,0	26	22	
[E,5]	27	26	24	22	25	24	24	22	27	23	24	19,5 - 28,5	24	19	
[E,6]	26	24	32	26	25	23	26	24	23	26	26	21,0 - 31,0	25	21	
[E,7]	24	25	32	25	24	29	24	26	25	23	26	21,0 - 31,0	25	21	
[E,8]	25	27	25	25	26	26	25	25	23	26	25	20,0 - 30,0	25	21	
[E,9]	31	27	29	22	29	28	26	24	28	29	27	22,0 - 32,0	27	24	
[E,10]	28	27	27	28	29	24	31	29	28	26	28	22,5 - 33,5	28	26	
[E,11]	28	24	31	31	25	32	30	25	25	29	28	22,5 - 33,5	28	26	
[E,12]	36	38	35	35	34	35	38	40	40	38	37	30,0 - 44,0	37	41	

Deska P7 (1000 °C) - Schmidtův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	f_{be}
[F,1]	32	30	39	34	31	39	43	32	36	33	35	28,0 - 42,0	34	35
[F,2]	26	26	33	27	29	26	25	25	25	27	27	22,0 - 32,0	26	22
[F,3]	27	25	26	29	25	26	25	25	23	25	26	21,0 - 31,0	26	22
[F,4]	37	29	29	28	25	25	30	26	26	26	28	22,5 - 33,5	27	24
[F,5]	31	28	27	30	27	26	26	28	26	29	28	22,5 - 33,5	28	26
[F,6]	26	26	27	27	29	27	27	31	27	33	28	22,5 - 33,5	28	26
[F,7]	28	27	25	28	27	26	26	25	27	31	27	22,0 - 32,0	27	24
[F,8]	31	26	27	28	25	28	29	27	25	27	27	22,0 - 32,0	27	24
[F,9]	26	27	28	32	28	27	29	32	30	29	29	23,5 - 34,5	29	27
[F,10]	30	28	27	26	25	25	25	33	29	34	28	22,5 - 33,5	28	26
[F,11]	28	30	26	25	28	30	30	33	26	30	29	23,5 - 34,5	29	27
[F,12]	31	35	30	36	37	35	33	38	35	39	35	28,0 - 42,0	35	37

Deska P7 (1000 °C) - Schmidtův tvrdoměr typu N														
Bod	Hodnota odrazu										ϕ	$\pm 20\%$	$\phi_{\text{nový}}$	f_{be}
[G,1]	40	38	38	39	39	35	41	39	41	38	39	31,5 - 46,5	39	44
[G,2]	41	41	38	41	39	42	36	40	40	40	40	32,0 - 48,0	40	46
[G,3]	43	44	40	45	46	41	42	39	42	46	43	34,5 - 51,5	43	51
[G,4]	50	54	42	50	43	48	46	45	46	44	47	38,0 - 56,0	47	58
[G,5]	45	46	48	45	40	44	46	47	44	48	45	36,0 - 54,0	45	54
[G,6]	46	48	45	44	44	47	44	49	46	49	46	37,0 - 55,0	46	56
[G,7]	41	46	43	41	46	40	42	44	49	43	44	35,5 - 52,5	44	52
[G,8]	45	40	44	47	43	49	43	45	49	47	45	36,0 - 54,0	45	54
[G,9]	39	48	47	43	44	42	43	43	43	45	44	35,5 - 52,5	44	52
[G,10]	42	39	48	41	41	46	46	44	43	48	44	35,5 - 52,5	44	52
[G,11]	41	40	40	34	38	44	40	38	37	39	39	31,5 - 46,5	39	44
[G,12]	35	36	34	33	38	34	35	37	37	38	36	29,0 - 43,0	36	39

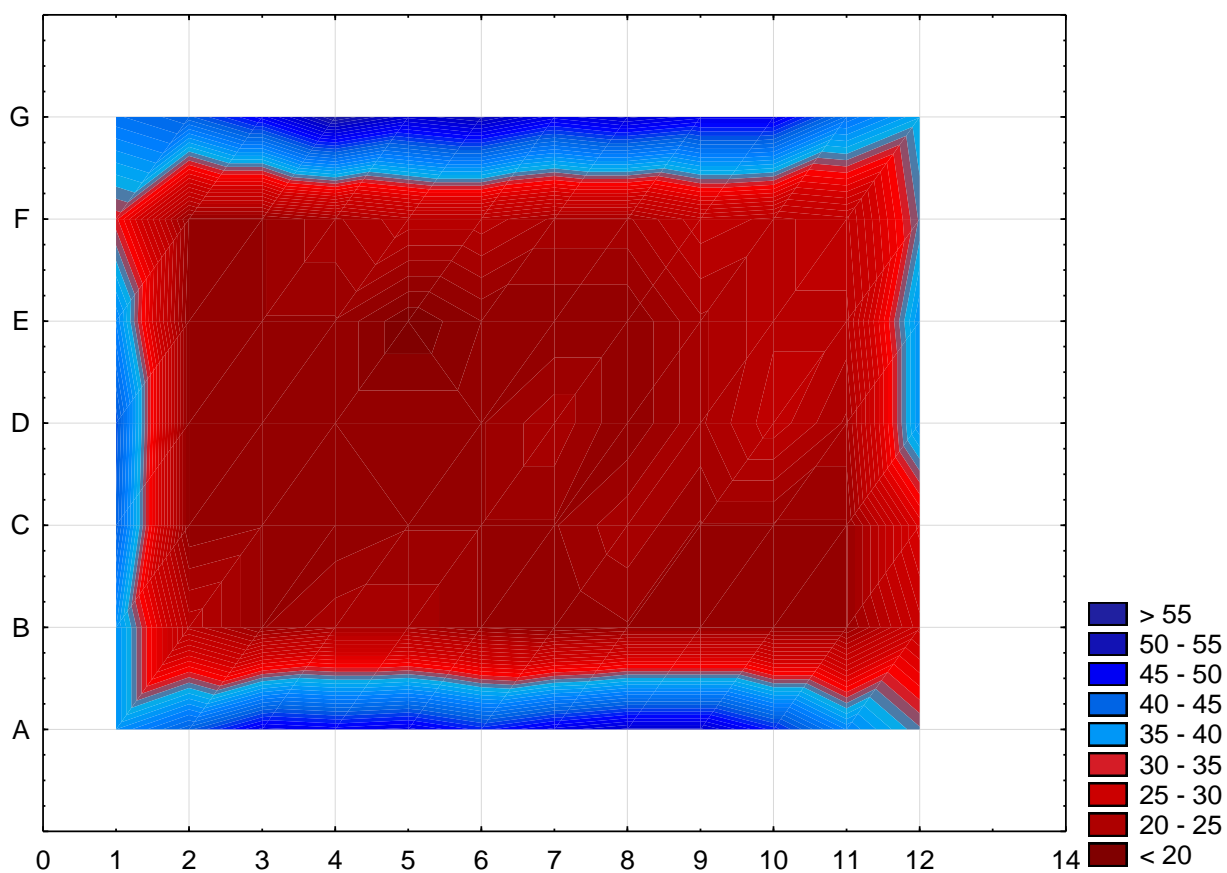
Tabulka hodnot f_{be} [MPa] desky P7 (1000 °C)							
Body	A	B	C	D	E	F	G
1	39,0	39,0	43,7	44,7	39,9	33,3	41,8
2	43,7	24,7	20,0	20,0	20,0	20,9	43,7
3	49,4	20,9	20,9	20,9	20,9	20,9	48,5
4	48,5	22,8	20,0	20,9	20,9	22,8	55,1
5	49,4	22,8	20,9	X	18,1	24,7	51,3
6	46,6	20,9	20,9	20,9	20,0	24,7	53,2
7	49,4	20,0	20,9	22,8	20,0	22,8	49,4
8	51,3	20,9	22,8	20,0	20,0	22,8	51,3
9	51,3	20,9	20,9	22,8	22,8	25,7	49,4
10	46,6	20,9	20,9	25,7	24,7	24,7	49,4
11	39,9	20,9	20,9	22,8	24,7	25,7	41,8
12	35,2	27,6	30,4	39,0	39,0	35,2	37,1

Pro zpřesnění výsledku pevnosti betonu v tlaku se musí každá hodnota f_{be} vynásobit součinitelem α_h zohledňujícím stáří betonu a součinitelem α_w zohledňujícím vlhkost betonu.

α_h	0,95
α_w	1,00

Průměr	30,87
Směrodatná odchylka	11,80
Variační Koefficient	38,22

Graf f_{be} pro desku P7 (1000 °C) - Schmidt Normal [MPa]



Vyhodnocení podle tvrdoměru SilverSchmidt L

Deska P7 (1000 °C) -SilverSchmidt typ L																
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %		φnový	fbe	
[A,1]	49,5	53,5	51,5	49,5	54,5	55,5	56	55	55	57,5	54	43,5	-	64,5	54	60
[A,2]	46,5	47,5	51	52	56	51	46	55	53	50	51	41,0	-	61,0	51	50
[A,3]	63	65,5	62	60	57	63	64	59	57	61	61	49,0	-	73,0	61	94
[A,4]	61,5	64,5	60,5	59,5	59	56,5	55,5	61,5	60	60,5	60	48,0	-	72,0	60	89
[A,5]	60,5	56,5	61,5	62,5	60	63,5	55,5	54,5	58	59	59	47,5	-	70,5	59	83
[A,6]	60,5	59	47	67	57,5	60	56,5	59	59,5	45,5	57	46,0	-	68,0	58	78
[A,7]	60	62,5	59	62,5	61	60	57,5	47	64,5	58	59	47,5	-	70,5	61	94
[A,8]	64,5	56,5	57	62,5	61,5	55	60,5	56	61	54	59	47,5	-	70,5	59	83
[A,9]	60,5	61,5	60	57	63	63	65	61,5	58	55	60	48,0	-	72,0	60	89
[A,10]	55,5	61,5	58,5	58	59	53,5	61	60	46	56	57	46,0	-	68,0	57	73
[A,11]	39	38	45	46	42	40	51	38	42	43,5	42	34,0	-	50,0	42	28
[A,12]	45	59	63	61,5	42	60	54	50	57	38	53	42,5	-	63,5	53	57

Deska P7 (1000 °C) -SilverSchmidt typ L																
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %		φ _{nový}	f _{be}	
[B,1]	50,5	47,5	45	50,5	46	39,5	46	50	53,5	42	47	38,0	-	56,0	47	39
[B,2]	25,5	27	26	28	21,5	36	28	29	25,5	20	27	22,0	-	32,0	27	11
[B,3]	32	33	29,5	25,5	44	20	31,5	24	26	27	29	23,5	-	34,5	29	12
[B,4]	25	27,5	24,5	25	29,5	32	33,5	35	24,5	28,5	29	23,5	-	34,5	28	12
[B,5]	36,5	23	27	27,5	27	26,5	27,5	27	32	32	29	23,5	-	34,5	28	12
[B,6]	23,5	26	32,5	34	30	41	33,5	35,5	26	34,5	32	26,0	-	38,0	32	15
[B,7]	27	32,5	28,5	26	25	26,5	31	27,5	30,5	30	28	22,5	-	33,5	28	12
[B,8]	31,5	24,5	29	33	35	31	27	37,5	31	27,5	31	25,0	-	37,0	31	14
[B,9]	30	25	28	30,5	37,5	29	24,5	25	29,5	28	29	23,5	-	34,5	28	12
[B,10]	31,5	27	31	23,5	32,5	26,5	25	42	40	31	31	25,0	-	37,0	29	12
[B,11]	28	28,5	26,5	23,5	34	29	32	32	27,5	29	29	23,5	-	34,5	29	12
[B,12]	40,5	36	31,5	37	42,5	43	32,5	37,5	40,5	37,5	38	30,5	-	45,5	38	22

Deska P7 (1000 °C) -SilverSchmidt typ L																
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %			φ _{nový}	f _{be}
[C,1]	48,5	52,5	58	47	38,5	52	49,5	48,5	37,5	49,5	48	38,5	-	57,5	48	41
[C,2]	21,5	24	20	27	27,5	25	24	21	23	24	24	19,5	-	28,5	24	9
[C,3]	29	22	26,5	32	27,5	25,5	23	25	29,5	29,5	27	22,0	-	32,0	27	11
[C,4]	25,5	23	25	25	25	24	25,5	25,5	23,5	24	25	20,0	-	30,0	25	10
[C,5]	25	26	26,5	32	28,4	26,5	28	29,5	33	31	29	23,5	-	34,5	29	12
[C,6]	25,5	26,5	29,5	25,5	31,5	27	28	27	24,5	36,5	28	22,5	-	33,5	27	11
[C,7]	23	25,5	29,5	39	27	24	32	26	23,5	34	28	22,5	-	33,5	26	10
[C,8]	33,5	25,5	27	36	27	25	31	29	31	27	29	23,5	-	34,5	28	12
[C,9]	27,5	30	32	33,5	28,5	28,5	24	33	37	31	31	25,0	-	37,0	31	14
[C,10]	30	28,5	31	31	30	30,5	31,5	37	29,5	31	31	25,0	-	37,0	31	14
[C,11]	26,5	28,5	27	30	26	27	29	32	29	28	28	22,5	-	33,5	28	12
[C,12]	41	38	31	35,5	41,5	32	44,5	42	36	38,5	38	30,5	-	45,5	38	22

Deska P7 (1000 °C) -SilverSchmidt typ L																
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %		φnový	fbe	
[D,1]	57,5	61,5	55	56,5	54,5	64	54	59,5	67	59	59	47,5	-	70,5	59	83
[D,2]	24,5	28	28,5	29	23,5	29,5	32	30	32,5	28,5	29	23,5	-	34,5	29	12
[D,3]	28	27,5	26,5	23,5	31,5	36,5	24,5	37,5	23	29	29	23,5	-	34,5	27	11
[D,4]	27,5	24,5	23,5	27,5	27,5	28	21	29,5	22	26	26	21,0	-	31,0	26	10
[D,5]	22	22,5	28,5	24	22,5	24	31	28,5	32	24	26	21,0	-	31,0	25	10
[D,6]	30	25	24,5	24,5	26	26,5	23	28	31,5	23	26	21,0	-	31,0	26	10
[D,7]	26,5	25,5	24	23,5	26,5	28	27	26	28,5	26	26	21,0	-	31,0	26	10
[D,8]	27	25	27,5	25	24,5	36	28,5	27	27	25,5	27	22,0	-	32,0	26	10
[D,9]	29	25,5	34	22,5	25,5	23	28,5	24	36,5	27,5	28	22,5	-	33,5	26	10
[D,10]	19,5	19,5	29	28	30	27	29,5	28	27,5	28	27	22,0	-	32,0	28	12
[D,11]	28,5	21,5	22,5	33	32	31,5	29	26,5	36	25,5	29	23,5	-	34,5	29	12
[D,12]	49	49	42	34,6	46,5	40	45,5	36,5	40	43,5	43	34,5	-	51,5	43	30

Deska P7 (1000 °C) -SilverSchmidt typ L																
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %		φnový	fbe	
[E,1]	46	55,5	50	58	56	51	51	54,5	55	57,5	53	42,5	-	63,5	53	57
[E,2]	23	24	28	23	26	25,5	24	21,5	23	29	25	20,0	-	30,0	25	10
[E,3]	26	25	29	26,5	25	26,5	25,5	26,5	32,5	27	27	22,0	-	32,0	26	10
[E,4]	23	32,5	22	26	26,5	30	26,5	32,5	33,5	27,5	28	22,5	-	33,5	29	12
[E,5]	34	29,5	36	29	25	32,5	27	29	33	34	31	25,0	-	37,0	31	14
[E,6]	26,5	24	36	32	25,5	29	26	37	24,5	29	29	23,5	-	34,5	27	11
[E,7]	28,5	25,5	28,5	31,5	27	26	27,5	28,5	31	28	28	22,5	-	33,5	28	12
[E,8]	28	26	25,5	38	25,5	30	29	30,5	28,5	24,5	29	23,5	-	34,5	28	12
[E,9]	27,5	27,5	27	29	29,5	32	36,5	33,5	30,5	30	30	24,0	-	36,0	30	13
[E,10]	35,5	29	25	31,5	30,5	29	26	29	35	30,5	30	24,0	-	36,0	30	13
[E,11]	27,5	22	22,5	32,5	25	24,5	39	32,5	29	36,5	29	23,5	-	34,5	29	12
[E,12]	48	50,5	53,5	37,5	43,5	52,5	47	52	57	39	48	38,5	-	57,5	49	44

Deska P7 (1000 °C) -SilverSchmidt typ L																
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %		φ _{nový}	f _{be}	
[F,1]	48,5	52	51	54	51	56	50	51	55	53	52	42,0	-	62,0	52	53
[F,2]	30	27	29,5	27,5	29,5	30	32	30	36	29	30	24,0	-	36,0	30	13
[F,3]	30,5	25,5	31,5	27	28,5	30,5	27,5	29,5	31,5	28	29	23,5	-	34,5	29	12
[F,4]	26,5	28,5	29,5	28	25,5	31	41	33	26	26,6	30	24,0	-	36,0	28	12
[F,5]	26	27,5	33,5	36	27,5	34,5	38	34	28	31	32	26,0	-	38,0	32	15
[F,6]	30,5	33,5	29	29	29	33	31,5	27	31	28	30	24,0	-	36,0	30	13
[F,7]	28,5	25,5	28,5	31,5	27	26	27,5	28,5	31	28	28	22,5	-	33,5	28	12
[F,8]	31	27,5	24	30,5	30,5	29,5	31	30	32	26	29	23,5	-	34,5	29	12
[F,9]	37,5	31	28,5	33,5	33,5	34,5	35	29	37	32,5	33	26,5	-	39,5	33	16
[F,10]	33	35,5	26,5	38,5	32,5	31	44	30,5	39	37,5	35	28,0	-	42,0	35	18
[F,11]	32	39,5	27,5	34	32	30,5	35,5	28,5	39,5	36	34	27,5	-	40,5	34	17
[F,12]	38,5	41,5	47,5	46	43,5	36,5	37	42	46,5	54	43	34,5	-	51,5	42	28

Deska P7 (1000 °C) -SilverSchmidt typ L																
Bod	Hodnota odrazu										φ	±20 %		φnový	fbe	
[G,1]	63,5	61,5	51	57	52	53,5	52	56	54,6	54,5	56	45,0	-	67,0	56	69
[G,2]	53	52	47,5	55	53	49	50	51,5	50,5	53,5	52	42,0	-	62,0	52	53
[G,3]	60,5	63	58	59	61,5	59	60	57,5	59,5	58	60	48,0	-	72,0	60	89
[G,4]	58	59	66	61,5	62	57,5	62	63,5	57	62	61	49,0	-	73,0	61	94
[G,5]	59	59,5	58,5	58,5	59,5	61,5	59,5	59	58	61	59	47,5	-	70,5	59	83
[G,6]	58,5	61,5	58	56,5	56,5	59,5	54	58	60	63	59	47,5	-	70,5	59	83
[G,7]	56,5	55	57,5	60,5	58,5	56,5	56,5	62,5	58	58	58	46,5	-	69,5	58	78
[G,8]	62	59	58,5	63	58,5	72	60	61	63,5	64	62	50,0	-	74,0	62	101
[G,9]	58,5	61	62	60	58	57,5	62,5	62,5	58	59	60	48,0	-	72,0	60	89
[G,10]	61,5	61	51	58,5	65	63,5	60,5	62,5	64	62	61	49,0	-	73,0	61	94
[G,11]	55	46,5	57,5	59	55	54,5	48	48	58,5	53	54	43,5	-	64,5	49	44
[G,12]	49	51,5	56,5	48	56	55	55	53	56	49	53	42,5	-	63,5	53	57

Tabulka hodnot f_{be} [MPa] desky P7 (1000 °C)							
Body	A	B	C	D	E	F	G
1	60	39	41	83	57	53	69
2	50	11	9	12	10	13	53
3	94	12	11	11	10	12	89
4	89	12	10	10	12	12	94
5	83	12	12	10	14	15	83
6	78	15	11	10	11	13	83
7	94	12	10	10	12	12	78
8	83	14	12	10	12	12	101
9	89	12	14	10	13	16	89
10	73	12	14	12	13	18	94
11	28	12	12	12	12	17	44
12	57	22	22	30	44	28	57

Hodnota f_{be} pevnosti v tlaku s nezaručenou přesností se pro SilverSchmidt L určí ze vztahu $f_{be} = 1,9368e^{0,0637x}$ kde x je v tabulce značená jako $\phi_{nový}$.

Průměr	33,69
Směrodatná odchylka	30,41
Variační Koefficient	90,27

Graf f_{be} pro desku P7 (1000 °C) - SilverSchmidt [MPa]

